

IEA Solares Heizen und Kühlen

Task 42: Fortschrittliche Materialien für kompakte thermische Energiespeicher 2010-2012

W. Streicher

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

42/2013

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

IEA Solares Heizen und Kühlen

Task 42: Fortschrittliche Materialien für kompakte thermische Energiespeicher

2010-2012

Univ.-Prof. Wolfgang Streicher
Universität Innsbruck, Institut für Konstruktion und Material-
wissenschaften, Arbeitsbereich Energieeffizientes Bauen

Dagmar Jähmig, Gernot Mauthner
AEE INTEC Institut für Nachhaltige Technologien

Daniele Basciotti, Michael Monsberger
AIT Austrian Institute of Technology

Bernhard Zettl, Gerald Steinmaurer
ASIC- Austria Solar Innovation Center, Wels

Andreas Heinz, Hermann Schranzhofer
TU Graz, IWT Institut für Wärmetechnik

Innsbruck, Mai 2013

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie

IEA FORSCHUNGS
KOOPERATION

Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Programm FORSCHUNGSKOOPERATION INTERNATIONALE ENERGIEAGENTUR. Es wurde vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie initiiert, um Österreichische Forschungsbeiträge zu den Projekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu finanzieren.

Seit dem Beitritt Österreichs zur IEA im Jahre 1975 beteiligt sich Österreich aktiv mit Forschungsbeiträgen zu verschiedenen Themen in den Bereichen erneuerbare Energieträger, Endverbrauchstechnologien und fossile Energieträger. Für die Österreichische Energieforschung ergeben sich durch die Beteiligung an den Forschungsaktivitäten der IEA viele Vorteile: Viele Entwicklungen können durch internationale Kooperationen effizienter bearbeitet werden, neue Arbeitsbereiche können mit internationaler Unterstützung aufgebaut sowie internationale Entwicklungen rascher und besser wahrgenommen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch viele IEA Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und auch in der Marktumsetzung konnten bereits richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Publikationsreihe und die entsprechende Homepage www.nachhaltigwirtschaften.at gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Kurzfassung

Motivation und Zielsetzung

Wärmespeicherung ist eine wichtige Technologie zur Erhöhung der Nutzung Erneuerbarer Energieträger. Insbesondere für solarthermische Systeme, die hohe Deckungsgarde erreichen, sind Langzeitwärmespeicher oder Kältespeicher unabdingbar. Ziel dieser internationalen Kooperation ist die Entwicklung von fortschrittlichen Materialien für kompakte Wärmespeichersysteme für Heizen und Kühlen mit erneuerbaren Energieträgern und zur Energieeinsparung.

Methodische Vorgehensweise

Hierbei wurden folgende Hauptzielrichtungen definiert:

- Identifizierung, Entwicklung und Test von fortschrittlichen Materialien und Verbundstoffen
- Entwickeln von Vermessungs- und Testmethoden zur Charakterisierung der Sicherheit und Zyklfestigkeit dieser Materialien
- Prenormative Arbeiten
- Entwicklung und Demonstration von Wärmespeichersystemen mit diesen neuen Materialien
- Potenzialerhebung neuer Wärmespeicher zum Einsatz in Wärme- und Kältenetzen
- Wissenstransfer

Neben der Saisonspeicherung von Solarwärme wurden auch andere Anwendungen für Erneuerbare Energien und Energieeinsparungsmaßnahmen wie. z.B. solare Klimatisierung, Mikro Kraft-Wärme-Koppelung, Biomasse oder Wärmepumpen bearbeitet. Es wurden primär drei Klassen von Materialien behandelt:

- (1) PCM (Phasenwechselmaterialien) mit Wärmetauscher, Mikro- und Makroverkapselung und Suspensionen
- (2) Thermochemische Materialien inklusive Sorption
- (3) Verbundstoffe und Nanostrukturen z.B. Kombinationen aus Zeolithen und Silicagel bei denen molekulare und kristalline Strukturen im Detail aufgebaut werden.

Ein wichtiger Aspekt ist die Möglichkeit der Produktion dieser Speichermedien in größerem Stil und zu konkurrenzfähigen Kosten.

Für Österreich bot sich die Chance bestehendes Know-how auf einem äußerst zukunftsreichen Gebiet durch die internationale Kooperation weiter auszubauen und bei der Grundlagenforschung zu verbesserten Wärmespeichern an vorderster Front dabei zu sein. Für die beantragte zweite Phase über 2 Jahre wurde von den Projektpartnern an den laufenden Tasks mitgearbeitet (Meetings, Mitarbeit bei ev. Handbüchern, Präsentation von laufenden nationalen Projekten in Österreich).

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Es wurde an allen Task Meetings von österreichischer Seite her teilgenommen.

UIBK hat die Diskussion der Wärmespeicher um sensible gebäudeintegrierte Speicher erweitert.

IWT hat in den letzten Jahren Modelle für PCM in TRNSYS entwickelt, stellt diese zur Verfügung, bietet einen eingeschränkten Support an und unterstützt bei Weiterentwicklungen.

AEE INTEC hat, neben der Weiterführung der Simulationen für Saisonspeicher mit Sorptionsmaterialien, Ergebnisse aus dem EU-FP7 Projekt „COMTES – Combined development of compact thermal energy storage technologies“ eingebracht.

ASIC –Austria Solar Innovation Center- hat Erkenntnisse aus dem nationalen Forschungsprojekt „Austrian Masterplan Thermal Energy Storage“ KLIEN-Projekt 825463 NE-TDS eingebracht.

AIT hat die Integration von Sorptionsspeichern in Fernwärmenetzen eingebracht. Anstelle der Integration von Absorptionskältemaschinen empfiehlt sich bei hohen Rücklauftemperaturen die im Projekt näher untersuchte Systemkonfiguration mit der Integration eines DEC-Systems.

UIBK, IWT und ASIC haben die Ergebnisse des Tasks in die jeweiligen Studiengänge der Universität Innsbruck, TU Graz und FH Wels einfließen lassen.

Ausblick

Mit Februar 2013 wurde eine Fortführung der Beteiligung am IEA SHC Task4229 durch die FFG für alle Projektbeteiligten im Rahmen der Ausschreibung Forschungs Kooperation Internationale Energieagentur, Ausschreibung 2012 genehmigt. Aktuell werden in Österreich mehrere Projekte im Bereich innovativer Wärmespeicher durchgeführt (COMTES, FLOW-TCS, SenThermS, SoTherco, ISolar, Poly2Facade, SOCO, TheBat). Die Projektergebnisse fließen in die neue Beteiligung ein. Einige dieser Projekte sind nur aufgrund der Beteiligung am IEA SHC Task 4224 zustande gekommen.

Abstract

Motivation and goals

Heat storage is a crucial technology to increase the use of renewable energy use. Especially for solar thermal systems with high solar fraction seasonal storage of heat and cold is needed. The goal for this international cooperation is the development of advanced materials for compact heat storage systems for heating and cooling with renewable energies and for energy conservation.

Methodology

The focus is mainly set to

- Identification, definition, development and test of advanced materials and compounds
- Measuring and testing procedures to characterize new storage materials reliably and reproducibly
- Prenormative work
- Development and demonstration of heat storage systems with these new materials
- Assessment of the potentials for the use in district heating and cooling networks
- Dissemination of the knowledge and experience acquired in this task

Besides seasonal storage, other applications for renewable energy and energy conservation like solar air conditioning, micro combined heat and power, biomass and heat pump use are investigated.

Primarily the following types of materials are dealt with:

1. PCM (Phase Change Materials) with heat exchangers, micro- and macro encapsulation and suspensions
2. Thermochemical materials including sorption materials
3. Compounds and nanostructures e.g. a combination of zeolites and silica gel which molecular and crystalline structure it set up in detail

Another important aspect is the production of such storage materials in large scale with low costs.

For Austria there was the great chance to enhance already existing know how in the promising heat storage technology by being integrated in the international research community and being incorporated in the basic research of advanced heat storage systems. These projects allows the main Austrian research institutes in this field to actively participate in the IEA SHC Task 42 for the next two years. Besides attending the meetings the partners actively take part in the reports and maybe handbook of the task and present Austrian national research projects in the Task Meetings.

Reached goals and further work

Austria was present at all task meetings

UIBK has brought building integrated sensible heat storage into the Task

IWT has developed simulation models for PCM stores in TRNSYS over the last years. These types will be open for all task participants and limited support is provided for operating and improving them.

AEE INTEC has continued with the simulation work of sorption heat stores that has been performed in the last years. Additionally results of the EU-FP7 project „COMTES - Combined development of compact thermal energy storage technologies“ has been presented.

ASIC –Austria Solar Innovation Center- ensured the information flow between Task 42 and the Austrian project „Austrian Masterplan Thermal Energy Storage“ KLIEN-Project 825463 NE-TDS.

AIT continued its work on district heating systems in combination with sorption storage. Instead of integrating an absorption cooling machine a DEC-system seems to be favorable for the investigated system configuration.

UIBK, IWT TU Graz and ASIC will include the results of IEA SHC Task 42 in the lecture books of their respective courses at the Universities of Innsbruck, Graz University of Technology and University of Applied Science of Wels.

Outlook

In February 2013 the funding for the continuation in the participation in IEA SHC Task4229 was approved by the FFG for all current Austrian participants (in the frame of research proposal handed in by ASIC “Forschungskooperation Internationale Energieagentur, Ausschreibung 2012”). Currently, several projects are carried out in Austria in the field of innovative thermal energy storages: COMTES, FLOW-TCS, SenThermS, SoTherco, ISolar, Poly2Facade, SOCO, TheBat). The project results will be communicated within the Task participation. Some of the above mentioned projects were derived from the collaboration within the IEA SHC Task 4224.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	3
Abstract.....	4
Inhaltsverzeichnis	5
1 Einleitung	6
1.1 Allgemeine Einführung in die Thematik und Ausgangssituation/Motivation des Projektes.....	6
1.2 Beschreibung des Standes der Technik in dem Forschungsgebiet	8
1.3 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema.....	9
1.4 Kurzbeschreibung des Aufbaus des Endberichts.....	10
2 Hintergrundinformation zum Projekthalt	10
2.1 Darstellung des gesamten Kooperationsprojektes (Partnerländer, Taskuntergliederung) und der Aufgabenstellung des Österreichischen Teilprojektes im Task/Annex	10
2.2 Beschreibung der österreichischen Kooperation.....	12
2.3 Beschreibung der Projektziele	14
2.4 Beschreibung der verwendeten Methodik, Daten und Vorgangsweise.....	15
3 Ergebnisse des Projektes	16
3.1 Beschreibung der Projektergebnisse und Meilensteine.	16
3.2 Beschreibung der Ziele, die in dem Projekt verfolgt werden und Darstellung, ob und wie diese erreicht wurden.	27
3.3 Welche Ergebnisse wurden in der Task/ dem Implementing Agreement veröffentlicht?	27
3.4 Welche weiteren Ergebnisse der Task/ des Implementing Agreements werden noch veröffentlicht (wann voraussichtlich)?.....	27
4 Detailangaben in Bezug auf die Forschungsk Kooperation Internationale Energieagentur (IEA)28	
4.1 Darstellung der österreichischen Zielgruppe, für die die Projektergebnisse relevant sind	28
4.2 Wie wurden die relevanten Stakeholder in das Projekt eingebunden?.....	29
4.3 Beschreibung der Relevanz und des Nutzen der Projektergebnisse: Welche Kompetenzen wurden aufgebaut, welche konkrete Entwicklungen die umgesetzt?	30
5 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen	31
5.1 Was sind die in dem Projekt gewonnenen Erkenntnisse für das Projektteam	31
5.2 Wie arbeitet das Projektteam mit den erarbeiteten Ergebnissen weiter?	32
5.3 Für welche anderen Zielgruppen sind die Projektergebnisse relevant und interessant und wer kann damit wie weiterarbeiten?	32
6 Ausblick und Empfehlungen	33
6.1 Resümee hinsichtlich der Ziele, die in dem Projekt verfolgt wurden.....	33
6.2 Weiterführende nationale Forschungsprojekte bzw. IEA-Kooperationsprojekte im Themenbereich.....	33
7 Literatur-/Abbildungs- / Tabellenverzeichnis	34
7.1 Link zu Taskwebsite (Seite, auf der der gesamte Taskbericht veröffentlicht ist/wird).....	34
7.2 Auflistung von Publikationen des Task.....	34
7.3 Abbildungsverzeichnis.....	36
8 Anhänge	37
Anhang 1 Task Highlights Flyer 2012	38
Anhang 2 Workshop "Innovative Wärmespeicher" 5. Oktober 2011.....	41
Anhang 3 Task Participants.....	44

1 Einleitung

1.1 Allgemeine Einführung in die Thematik und Ausgangssituation/Motivation des Projektes

Wärmespeicherung ist eine wichtige Technologie zur Erhöhung der Nutzung Erneuerbarer Energieträger. Durch die Verbesserung des Speicherwirkungsgrads kann auch der Wirkungsgrad der Nutzung erneuerbarer Energieträger erhöht werden. Insbesondere für solarthermische Systeme, die hohe Deckungsgrade erreichen, sind Langzeitwärmespeicher oder Kältespeicher unabdingbar. Hier werden Wasserspeicher sehr groß und damit teuer. Alternative Speicher wie PCM-Speicher, die z.B. die Unterkühlung bewusst ausnutzen, um keine Langzeit-Temperaturverluste zu haben, aber auch thermochemische Speicher sind im Labormaßstab verfügbar. Außerdem wurden im Vorfeld (EU-Projekt PAMELA und IEA SHC Task 32) bereits eine Reihe von Simulationsmodellen erarbeitet, anhand derer die Speicher simulationstechnisch in Anwendungssysteme eingebaut und so die Wirkungsweise über ein ganzes Jahr berechnet und mit der Wirkungsweise und Effizienz von Wasserspeichern verglichen werden können. Die Ergebnisse zeigten aber, dass Vorteile gegenüber Wasserspeichern nur unter bestimmten Randbedingungen erzielt werden können.

Daher ist noch mehr Forschung notwendig, bevor diese Technologien in kommerziellen Anwendungen umgesetzt werden können. In einigen laufenden und abgeschlossenen IEA Annexen wurde festgestellt, dass die Materialien die Hauptschwierigkeit für effiziente Lösungen für kompakte Wärmespeicher darstellen und daher Materialien mit höherer spezifischer volumetrischer Wärmekapazität und geringen Kosten sowohl für Kurzzeit- als auch insbesondere Langzeitspeicher notwendig sind.

Weltweit sind daher einige Gruppen im Bereich der Materialsuche für Wärmespeicherung und Anwendungen für solche Speicher tätig. Diese Aktivitäten sind entweder auf nur bestimmte Anwendungen oder bestimmte Materialien limitiert. Daher ist die Hauptaufgabe des Tasks, diese Aktivitäten von Materialsuche und Anwendungen zusammenzubringen und deren Weiterentwicklung voranzutreiben.

Hierbei werden erfolgversprechende Materialien untersucht und in Hinblick auf Stoff- und Wärmeaustausch sowie Korrosivität, Langzeitbeständigkeit, Kosten, Toxizität etc. charakterisiert, Speicherkonzepte für Ihren Einsatz entwickelt und der simulationstechnische Vergleich im Einsatz in spezifischen Anwendungen gegenüber Wasserspeichern durchgeführt.

Die Ergebnisse wurden über nationale Workshops, nationale und internationale Tagungen sowie Beiträge in wissenschaftlichen Journals und einschlägigen Fachzeitschriften der interessierten Öffentlichkeit und Firmen zugänglich gemacht.

Der Joint Task/Annex: IEA-SHC Task 42 „Advanced Materials for Compact Thermal Energy Storage“ und IEA ECES Annex 24 „Material Development for Improved Thermal Energy Storage Systems“ hatte das Ziel die Entwicklung von fortschrittlichen Materialien für kompakte Wärmespeichersysteme für Heizen und Kühlen mittels erneuerbarer Energieträger und zur Energieeinsparung zu definieren und ev. zu entwickeln.

Die Arbeit wurde in 8 Hauptpunkte unterteilt:

- Identifikation von Materialanforderungen für relevante Anwendungen unter Verwendung von Simulationen bisher bekannter Speichertechnologien und der bisher in IEA SHC Task 32 entwickelten Speichermodelle.

- Identifikation, Design und Entwicklung neuer Materialien und Verbundstoffe für kompakte Wärmespeicher,
- Entwicklung von Mess- und Testverfahren zur Charakterisierung der Sicherheit und Langzeitbeständigkeit der neuen Speichermedien,
- Verbesserung der Wirksamkeit, Stabilität und Wirtschaftlichkeit der neuen Speichermedien,
- Entwicklung von mehrdimensionalen numerischen Modellen, welche die Wirksamkeit der neuen Materialien beschreiben und die Möglichkeit zum Vergleich mit herkömmlichen Speichermedien eröffnen,
- Entwicklung und Demonstration neuer kompakter Speicherkonzepte für diese Materialien,
- Untersuchung der Auswirkungen der neuen Speichermedien auf den Wirkungsgrad von Wärmespeichern für unterschiedliche Anwendungen, und
- Die Ergebnisse sollen über nationale Workshops, nationale und internationale Tagungen sowie Beiträge in wissenschaftlichen Journals und einschlägigen Fachzeitschriften der interessierten Öffentlichkeit und Firmen zugänglich gemacht werden.

Ein weiteres Hauptziel lag in der Bildung eines aktiven und effizienten Wissenschaftsnetzwerks in dem Wissenschaftler und Industrievertreter aus dem Bereich der Wärmespeicherung miteinander kollaborieren können.

Diese Erkenntnisse finden auch in der FORSCHUNGSAGENDA SOLARTHERMIE des österreichischen Klima- und Energiefonds ihre Entsprechung:

„In der Speichertechnik bieten die Entwicklung und der Einsatz neuer Materialien ein weiteres Innovationspotential. Schon bekannte neue Speichermedien (PCM, thermochemische Reaktionspartner) müssen in den kommenden Jahren im Hinblick auf die Energiedichte im Gesamtsystem signifikant verbessert und bis zur Serienanwendung geführt werden. Durch die immer niedrigeren Vorlaufemperaturen der Heizsysteme bieten sich künftig neue Ansatzpunkte. Sorptive und thermochemische Verfahren aber auch Phasenwechselmaterialien erreichen theoretisch deutlich höhere Leistungsdichten als heutige Wasserspeicher. Allerdings haben bisherige Versuche mit Wärmespeichern mit PCM Materialien (makroverkapselt) aufgrund der von der entnommenen Leistung abhängigen Temperaturverluste bei Wärmeübergang und Wärmeleitung in den PCM bei Solaren Kombisystemen und Betrachtungen über ein Jahr KEINE signifikanten Verbesserungen gegenüber Wasserspeichern gebracht. Ähnliche Ergebnisse ergaben Versuche mit PCM-Slurries mit mikroverkapselten Paraffinen welche im Wasser mitgepumpt wurden. Hier konnte nur PCM Anteile von maximal 40 % realisiert werden (also 60 % Wasser) da der Slurry sonst aufgrund der Zunahme der Zähigkeit nicht mehr pumpbar war.“

„Um den o.g. Herausforderungen zu begegnen, ist es sinnvoll, ein Netzwerk von Experten und Firmen auf europäischer Ebene aufzubauen. Der Austausch von Informationen, Fachkompetenz und Einrichtungen ist effektiv eine Voraussetzung für einen schnellen Fortschritt bei F&E und Innovation. Speziell zugeordnete öffentliche F&E-Mittel sollten auf nationaler und europäischer Ebene für thermische Speicherung bereitgestellt werden.“

Für Österreich bot und bietet sich somit im IEA SHC Task4224 die Chance bestehendes Know-how auf einem äußerst zukunftsreichen Gebiet durch die internationale Kooperation weiter auszubauen und bei der Grundlagenforschung zu verbesserten Wärmespeichern an vorderster Front dabei zu sein. Effiziente Wärmespeicher sind eine der Kerntechnologien zur erhöhten Nutzung von Solarthermie.

1.2 Beschreibung des Standes der Technik in dem Forschungsgebiet

Die Projektergebnisse zeigten primär, dass es bei fortschrittlichen Materialien zur Wärmespeicherung nur inkrementelle Verbesserungen gibt. Die auf dem Markt befindlichen Materialien, die zur sinnvollen sorptiven Wärmespeicherung eingesetzt werden können, benötigen deutlich höhere Temperaturen als mit Flachkollektoren erreicht werden können. Gute Vakuumröhrenkollektoren oder die neu auf den Markt gekommenen Hochvakuum Flachkollektoren sind interessante Alternativen.

Neben den eigentlichen Materialeigenschaften ist zudem das System der Wärmezufuhr- und Abfuhr aus dem Speicher sowie auch die richtige Auslegung des übergeordneten Systems von großer Bedeutung.

Eine generelle Aussage aus dem Bereich der theoretical Limits für chemische Speicher liegt darin, dass je höher die Wärmespeicherfähigkeit eines Materials ist (der Energieinhalt der getrennten chemischen Reaktanden), desto höher liegt auch die notwendige Temperatur für die Beladung (der Trennung der Reaktanden). Bei Phasenwechselmaterialien begrenzen die

Während der bisherigen Laufzeit des Task wurde die Arbeit in Subtasks gegliedert die einzelnen Experten moderiert und geleitet wurden.

Tabelle 1: Sub-Tasks und deren Leiter während der Phase 1 des Task42

Materials:	WG Leader
Material Engineering / Processing	Elena Palomo (Univ.Bordeaux)
Test and Characterization	Stefan Gschwander (ISE)
Numerical Modelling	Camilo Rindt (TUE)
Apparatus and Components	Wim van Helden (Renewable Heat, AgentschapNL)
Applications:	
Cooling (0 °C – 20 °C)	Motoi Yamaha (Chubu Univ.)
Heating / DHW (20 °C – 100°C)	Jane Davidson (Univ.Minnesota)
High Temp.Appl. (> 100 °C)	Luisa Cabeza (Univ.Lleida)
Cross Cutting:	
Theoretical Limits	Eberhard Lävemann (ZAE)

Materialentwicklung:

Neben den kommerziellen Standardmaterialien werden in den laufenden Projekten zunehmend mehr „maßgeschneiderte“ Speichermaterialien entwickelt. Beispiele sind:

- Neue Molekularsiebe
- Composite-Materialien (Salze + Träger)
- Neue PCM (z.B. Zuckeralkohole)

Materialcharakterisierung:

Einheitliche Kalibrier-Verfahren sollen die teilweise sehr unterschiedlichen Messwerte von Geräten verschiedener Hersteller vergleichbar machen. Nach Abschluss dieser Standardisierung wird gemeinsam mit den Materialentwicklern und –Anwendern eine Datenbank mit Materialdaten gefüllt die sowohl Phasenwechselmaterialien (PCM) als auch Thermochemische Materialien (TCM) umfasst.

Numerische Modellierung und theoretische Limits

Ziel der Arbeit war es, Modelle die auf unterschiedlichen Größenskalen gültig sind zu verknüpfen und zusammenfassend zu beschreiben. Dabei wurden sowohl PCM wie auch TCM behandelt. Diese Arbeiten wurden zum Großteil beendet.

Apparate, Komponenten und Anwendungen

In beiden Sub-Tasks wurden bisher nur geringe Fortschritte gemacht. Da im laufenden Jahr jedoch einige Entwicklungsprojekte (auch in Österreich) gestartet sind, können für Phase 2 bedeutende Fortschritte erwartet werden. Da die Technologien noch relativ weit vom Markteintritt entfernt sind wurden konnten bisher nur relativ wenige Unternehmen zu Kooperationsprojekten bewegt werden.

1.3 Beschreibung der Vorarbeiten zum Thema

Das **Institut für Wärmetechnik (IWT)** war in den IEA SHC Task 26 (Solar Combisystems) Subtask Leader für Simulation und im IEA SHC Task 32 (Advanced Storage Concepts for Solar and Low Energy Buildings) Subtask Leader für Phasenwechselmaterialien. In beiden Tasks wurden ebenfalls federführend die Referenzbedingungen zur Bewertung der Systeme erarbeitet. Ebenso wurde unter Mitarbeit des Instituts für Wärmetechnik eine einfach zu nutzende Vergleichsmethode (FSC-Methode) für solarthermische Anlagen für Heizung und Langzeitspeicherung unabhängig von Klima, Kollektorfläche und Ausrichtung sowie Wärmebedarf entwickelt. Begleitend zum IEA SHC Task 32 wurde das nationale Projekt „Fortschrittliche Wärmespeicher zur Erhöhung von solarem Deckungsgrad und Kesselnutzungsgrad sowie Emissionsverringern durch verringertes Takten, Projekt zum IEA-SHC Task 32“ bearbeitet, welches sich mit einer konkreten Anwendung von PCM-Materialien befasste.

Im Rahmen des EU-Projekts „Phase Change Material Slurries and their Commercial Applications (PAMELA)“ wurde mit Suspensionen von mikroverkapselten Paraffinen gearbeitet. In diesem Projekt wurden vom Institut für Wärmetechnik Enthalpie-Temperatur-kurven über die T-History Methode aufgenommen sowie Versuchswärmetauscher und Speicher gebaut.

In allen Projekten wurden Simulationsmodule von verschiedenen PCM-Speichern und anderen Komponenten erstellt und über Laborversuche validiert. In Folge wurden die Simulationsmodelle in der Simulationsumgebung TRNSYS in verschiedene Anwendungssysteme mit PCM-Speichern eingebunden, Jahressimulationen durchgeführt und die Ergebnisse mit denen von gleichen Systemen mit Wasserspeichern verglichen. Mit den bisher untersuchten Systemen und Materialien konnten nur geringe Verbesserungen gegenüber Wasserspeichern nachgewiesen werden. Aus diesem Grund sollen im neuen angedachten Task primär Materialien mit verbesserten thermodynamischen Stoffwerten gefunden werden.

Die **AEE INTEC** hat im Rahmen eines EU- und eines Haus der Zukunft Projektes (MODESTORE, Modularer Energiespeicher mit hoher Energiedichte) einen Sorptionsspeicher entwickelt und in einer ersten Pilotanlage getestet. Die Ergebnisse wurden auch in den IEA-SHC Task 32 eingebracht und Systemsimulationen durchgeführt. Ergebnis dieser Projekte war, dass das Hauptproblem dieser Speicher geeignete Sorptionsmaterialien sind. Weiters ist die AEE INTEC an einem Forschungsprojekt der 3. Ausschreibung der Programmlinie neue Energien 2020 beteiligt. Das Projekt hat den Titel „Grundlegende Untersuchungen zur Entwicklung eines marktfähigen Wasserwärmespeichers mit Vakuumisolation – Thermoskannenspeicher“.

AIT arbeitet bereits in einigen Forschungsprojekten mit Betreibern von thermischen Netzen, um eine Optimierung hinsichtlich des Einsatzes auch für Klimatisierung und Kältebereitstellung zu erarbeiten.

Aktuelle relevante ASIC-Projekte:

- Gemeinsam bearbeiten alle Antragsteller und Federführung des Partners ASIC das Klima und Energiefonds Projekt „Austrian Masterplan Thermal Energy Storage“
- ETP-OÖ Entwicklung Forschungsschwerpunkt „Thermische Energiespeicher“ (2008-2009),

- ETP-OÖ „Neue Sonnenspeicher“, Projektpartner Xolar, Bewertung des Optimierungspotentials von Wasserspeichern

1.4 Kurzbeschreibung des Aufbaus des Endberichts

Im Folgenden werden die Hintergrundinformationen zum Projekt, die österreichischen Kooperationen, die Projektziele und die verwendete Methodik gezeigt. Anschließend werden die Ergebnisse des Projekts sowohl auf internationaler als auch auf österreichischer Ebene beschrieben. Darauffolgend wird die Zielgruppe in Österreich und die Einbindung der österreichischen Stakeholder sowie deren Nutzen im Projekt dargestellt. Abschließend werden die Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen gegeben.

2 Hintergrundinformation zum Projekttinhalt

2.1 Darstellung des gesamten Kooperationsprojektes (Partnerländer, Taskuntergliederung) und der Aufgabenstellung des Österreichischen Teilprojektes im Task/Annex

Im vorliegenden Projekt wurde die Teilnahme des österreichischen Konsortiums bestehend aus Universität Innsbruck mit dem Arbeitsbereich Energieeffizientes Bauen, AEE INTEC, AIT und TU Graz mit dem Institut für Wärmetechnik am Joint Tasks/Annex: IEA-SHC Task 42 „Advanced Materials for Compact Thermal Energy Storage“ und IEA ECES Annex 24 „Material Development for Improved Thermal Energy Storage Systems“ für den Zeitraum von 01.08.2010 bis 28.02.2013 finanziert. Ziel dieser internationalen Kooperation ist die Entwicklung von fortschrittlichen Materialien für kompakte Wärmespeichersysteme für Heizen und Kühlen mittels erneuerbarer Energieträger und zur Energieeinsparung. Im Folgenden werden die beiden beteiligten Implementing Agreements kurz beschrieben:

Implementing Agreement on Solar Heating and Cooling (SHC)

Eines der ersten Implementing Agreements im Rahmen der IEA war das 1977 gestartete „Solar Heating and Cooling Programme“ (SHC). Es wurden in Summe bisher 39 Tasks im Bereich aktive und passive Sonnenenergienutzung für Heizen und Kühlen von Gebäuden sowie Photovoltaik durchgeführt. Durch die Teilnahme von 21 Ländern und der Europäischen Kommission ist in diesem Forschungsprogramm ein breiter internationaler Erfahrungsaustausch möglich.

Das SHC Programm bearbeitet die folgenden Schwerpunkte:

- Verbesserung bestehender Technologien.
- Erhöhung der Wirtschaftlichkeit von Produkten
- R&D für neue Materialien und Prozesse, um die Energieeffizienz von Gebäuden durch die Sonnenenergienutzung zu verbessern (z.B. elektrochrome und thermochrome Materialien zur Kontrolle der Transmissivität von Fenstern, Phasenwechselmaterialien, Wärmespeichermaterialien, transparente Wärmedämmung)
- Verbesserung der Integration und Optimierung von solaren Komponenten (Photovoltaik und Solarthermie) in energieeffiziente Gebäude
- Testen und Zertifizieren von Komponenten und Produkten
- Erarbeiten und Verbreiten von Informationsmaterial für Interessierte und Entscheidungsträger
- Erhebung und Verbreitung von belastbaren weltweiten Statistiken über die Verfügbarkeit von Solarenergie und die Technologien zur Nutzung derselben

Implementing Agreement on Energy Conservation Through Energy Storage (ECES)

Dieses Implementing Agreement ist eine Forschungs- und Entwicklungszusammenarbeit welche 1978 zwischen einer Reihe von IEA Teilnehmerländern gestartet wurde. Ziel ist die gemeinsame Forschung, Entwicklung, Demonstrierung und Informationsaustausch im Bereich Energieeinsparung durch Energiespeicherung. Der volle Titel lautet: “Programme of Research and Development on

Energy Conservation through Energy Storage". Derzeit nehmen 19 Länder (darunter USA, Kanada, Japan, Deutschland, Korea und die Türkei) sowie die Europäische Union an diesem Implementing Agreement teil. Österreich ist noch nicht darunter. Es wurden bisher 21 Annexe bearbeitet, 4 Annexe laufen derzeit.

Der Bereich der Arbeiten umfasst Kurz- und Langzeitwärmespeicher mit verschiedenen Materialien (Wasser, Aquifere, Erdreich, Phasenwechselmaterialien) sowie Stromspeicher. Die Anwendungen gehen von Gebäuden zum Heizen und Kühlen über Industrie bis hin zu transportablen Wärmespeichern.

Im vorliegenden Task wurde der Bereich auch auf chemische Speicher und Sorptionsspeicher erweitert.

Der offizielle Start des Tasks 42 Annex 24 war beim Kick-Off Meeting vom 11.-13. Februar 2009 in Bad Tölz, Deutschland. Im Folgenden werden der geplante Ablauf sowie die Deliverables des Tasks dargestellt.

Working Group	2009				2010				2011				2012			
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4
A1 Materials engineering and processing				A1.1				A1.2 A1.4				A1.3 A1.5				
A2 Tests and characterisation								A2.1								A2.2
A3 Numerical modelling				A3.1	A3.2				A3.3							A3.4 A3.5
A4 Apparatus and Components								A4.1				A4.2 A4.3				
Bx Applications				Bx.1				Bx.2				Bx.3 Bx.6	Bx.4			Ex.5 Ex.7 Ex.8
C1 Theoretical limits				C1.1				C1.2				C1.3				
C2 System integration				C2.1							C2.2			C2.3		
Task meetings	•		•		•		•		•		•		•		•	

Geplante Deliverables des Tasks

#	Deliverable	Month
A1.1	Material database: a) PCM materials; b) sorption materials; c) assessment of chemical reactions	12
A1.2	Samples of new materials for material testing	24
A1.3	Material safety data sheets	36
A1.4	Inventory of production technologies	24
A1.5	Material price data sheets	36
A2.1	Analysis of comparative testing methods	24
A2.2	Long-term stability test protocols for several classes of materials	48
A3.1	Report on state-of-the-art modeling techniques of TCM/PCM-materials on micro-, meso- and macro scales	12
A3.2	Collection of experimental data on the behavior of TCM/PCM-materials which can be used to bench-mark numerical codes	18
A3.3	Progress report on the (validated) numerical models developed for the micro-, meso-, macro and multi-scale	30
A3.4	Overview of material properties required for increased storage performance compared to conventional storage techniques	48
A3.5	Final report on the (validated) numerical models developed for the micro-, meso-, macro and multi-scale	48
A4.1	First version of reactor design methodology	24
A4.2	Storage apparatus performance test protocols	36
A4.3	Long-term apparatus durability test protocols	36

Bx.1	Boundary conditions and requirements for each application	12
Bx.2	Case studies for several applications	24
Bx.3	Techno-economical potential for each application	36
Bx.4	Numerical system model for each application	42
Bx.5	Upper performance limit estimation for each application	48
Bx.6	Lab-scale tests of several applications	36
Bx.7	Field test of at least one application	48
Bx.8	Life-cycle cost analysis for several applications	48
C1.1	Physical limits of thermal energy storage density as a function of temperature	12
C1.2	Technical limits and constraints	24
C1.3	Economical limits and constraints	36
C2.1	Inventory and analysis of existing store types and their possible applications	12
C2.2	First version of storage system design methodology	24
C2.3	Storage system performance test protocols	36

2.2 Beschreibung der österreichischen Kooperation

In diesem Projekt haben sich mit der Universität Innsbruck (Arbeitsbereich Energieeffizientes Bauen), AEE INTEC, AIT, ASIC und TU Graz (Institut für Wärmetechnik) alle aktiven österreichischen wissenschaftlichen Akteure im Bereich thermische Energiespeicherung zusammengeschlossen. Alle Projektbeteiligten sind an der Austrian Solar Thermal Technology Plattform unter Federführung von AEE INTEC beteiligt. In Kapitel 1.3 wurden bereits die bisherigen Kooperationen der Projektpartner dargestellt.

Aus der Beteiligung im IEA SHC Task 4224 ergaben sich eine Reihe von weiteren Projektanträgen auf nationaler und internationaler Ebene, die z.T. mit den Projektpartnern innerhalb des hier abgeschlossenen Kooperationsprojekts. Diese Projekte wurden sicherlich auch durch die Teilnahme am Task stimuliert.

Projekte mit den nationalen Partnern

UIBK, IWT

Unter der Führung der Fa. Heliotherm wurde mit den wissenschaftlichen Partnern UIBK und IWT das Projekt „**Die Thermische Batterie im Smart Grid in Kombination mit Wärmepumpen – eine Interaktionsoptimierung (TheBat)**“ eingereicht und genehmigt. Hier werden die Möglichkeiten der Nutzung der thermischen Speichermassen von Gebäuden als Kurzzeit-Wärmespeicher zur optimierten Nutzung von Solarenergie (Photovoltaik über Wärmepumpen) unter Berücksichtigung der Randbedingungen durch Smart Meter untersucht werden. Das Projekt wurde im IEA SHC Task4224 Meeting in Freiburg im April 2012 präsentiert (siehe beiliegende Literatur).

ASIC:

FLOW TCS: Verlustfreie Solarspeicher mittels thermochemischer Granular-Flow-Materialien

Im **Projekt FlowTCS** werden ein granulares thermo-chemisches Speichermaterial und ein neues Verfahrenskonzept entwickelt, um kompakte und verlustlose Solar-Wärmespeicher zu realisieren. Die Wahl kostengünstiger Rohstoffe (natürliche Zeolithe, Salze) und ein bewegtes Reaktionsbett in einer Wärmetrommel ermöglichen höhere Effizienz und Wirtschaftlichkeit. Unterstützt wird die Entwicklung durch thermo-physikalische Methoden und Simulationsverfahren.

Kooperation mit dem Forschungspartner AIT und Industriepartner, Projekt laufend

Weitere Projektanträge:

DESORTPION UPGRADE (Emission-Austria 1. Call, gemeinsam mit AIT) -abgelehnt

Leitprojekt- ATTISEL (Antragsteller AIT, Partner ASIC-(und andere) in Begutachtung

Task42-Phase 2 Fortsetzung des IEA Task (2013-2015) Antragsteller ASIC, Partner AEE-INTEC, AIT, IWT, UIBK, genehmigt

Projekte mit den internationalen Partnern aus dem IEA SHC Task 4224

AEE-INTEC, IWT + 11 internationale Partner

Über die Teilnahme am Task 42 wurde 2011 ein Konsortium gebildet, das erfolgreich das **EU-Projekt COMTES** im 7. Rahmenprogramm zum Thema thermische Langzeitspeicherung einreichen konnte. Das Projekt wird von AEE INTEC koordiniert, und die TU Graz (Institut für Wärmetechnik) ist als zweiter österreichischer Teilnehmer von insgesamt elf Projektpartnern im Konsortium vertreten. Das Projekt hat eine Laufzeit von 4 Jahren und startete im April 2012. Im Rahmen des Projekts werden 3 vielversprechende Technologien für saisonale Wärmespeicherung eingehend theoretisch untersucht, im Labormaßstab weiterentwickelt und im Rahmen von Feldtests in Demonstratoranlagen validiert.

AIT / University of Liège, University of Mons

SoTherCo: Solare Thermochemische kompakte Speicher: Forschung und Entwicklung von modularen solaren thermochemischen Speichersystemen

- Projektpartner: European Solar Engineering (Koordinator), Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, CEA, Regulurs Spl SR0, Université Libre de Bruxelles, University of Liège, University of Mons
- Fördergeber: EU, im Rahmen von FP7, Energy.2011.4.1.4.

Projekthalt: Das Hauptziel von SoTherCo ist es, zwei neuartige modulare thermochemische Speichersysteme zu entwickeln, zeitlich versetzt in Niedrigenergie-Demogebäuden (Wärmebedarf: zwischen 1000 und 4000 kWh) zu installieren und hinsichtlich ihrer Performance zu evaluieren. Das Projekt setzt auf dem Projekt „Solarautark“ (=Wallonisches Forschungsprojekt mit der Zielsetzung, ein Wärmespeichersystem aus hocheffizienten Vakuumkollektoren sowie Salzwasserdampf als Arbeitsmedium in einem Gebäude zu integrieren), auf und nutzt die bereits vorhandenen Erfahrungen hinsichtlich Sorptionsspeichermaterialien, Arbeitsstoffe, System-konfigurationen, Design, Modellierung und Regelung von solaren thermo-chemischen Speichersystemen. Die beiden Demo-Sites unterscheiden sich hinsichtlich ihrer solaren Einstrahlung und ermöglichen damit die Überprüfung der Adaptierbarkeit des modularen Systems auf verschiedene klimatische Gegebenheiten.

UIBK, EURAC

ClimateConcrete, Forschung und Entwicklung von multifunktionellen, vorgefertigten Bauelementen aus Beton mit integrierten Technologien für thermisches Kühlen oder Heizen von Gebäuden.

- Projektpartner: EURAC Bozen, Universität Innsbruck, Kompetenzzentrum Alpine Bautechnologie, Bozen, Progress AG, Brixen Haustechnik Obrist, Bozen.
- Fördergeber: Autonome Provinz Bozen, Amt für Innovation, Forschung und Entwicklung
- Projekthalt in Bezug auf Wärmespeicherung: Für eine betonkernaktivierte Decke über ein vorgefertigtes Beton-Deckenelement wurden nach Messungen der EURAC in Bozen thermische dynamische Gebäude- und Anlagensimulationen zur sensiblen Speicherfähigkeit von Beton durchgeführt. Für steigende Hysteresen für Heizen und Kühlen (Überheizen im Winter und Unterkühlen im Sommer) wurden die Zunahme des Heiz- und Kühlwärmebedarfs, die mittleren Raumtemperaturen und die Behaglichkeitskriterien ermittelt. Dies kann als eine Vorarbeit zum oben zitierten Projekt gesehen werden. Da die Arbeiten zur Wärmespeicherung den Projekthalt überstiegen, wurden sie zum Teil aus dem Budget der UIBK für den IEA SHC Task4224 finanziert. Die Ergebnisse wurden in den IEA SHC Task4224 Meetings in Petten, Niederlande (17. - 19 Oktober 2012) und in Freiburg (16.-17. April 2013) präsentiert (siehe beiliegende Literatur).

2.3 Beschreibung der Projektziele

Wärmespeicherung wurde auch in Österreich als wichtiges Thema für die zukünftige Energieforschung erkannt. Im Diskussionspapier zum Strategieprozess ENERGIE 2050 (der Vorläuferprozess zur Forschungsschiene „Energie der Zukunft“ des BMVIT) ist die Energiespeicherung in den meisten Themenfeldern integraler Bestandteil. Insbesondere im Themenfeld „Fortschrittliche Verbrennungs- und Umwandlungstechnologien“ wird die Energiespeicherung als zentraler Bestandteil gesehen. Auch im Positionspapier für ein österreichisches Solarforschungs- und Technologieprogramm der Österreichischen Solarthermie Technologie Plattform (ASTTP) wird die Wärmespeicherung als ein notwendiger Forschungsschwerpunkt für Österreich erachtet:

„Um einen höheren solaren Anteil im Gebäudebestand zu erreichen, wird eine neue Generation von Wärmeenergiespeichern benötigt. Diese Speicher müssen kompakt, kosteneffektiv, sicher, sauber und einfach zu handhaben sein. Um diese Herausforderungen zu erfüllen, müssen neue Technologien und Materialien entwickelt werden.“

Das primäre Projektziel bestand in der Vernetzung der österreichischen wissenschaftlichen Akteure im Bereich Wärmespeicherung mit der internationalen Forschungslandschaft in diesem Gebiet. Damit konnte der Informationsfluss über den Stand der Wissenschaften auf dem für die solarthermische Wärmeversorgung äußerst wichtigen Gebiet der Wärmespeicherung zur österreichischen Industrie sichergestellt werden und interessante Entwicklungen in Österreich über weitere Forschungsprojekte aufgegriffen werden. Auf der anderen Seite konnten österreichische Entwicklungen international positioniert werden.

Der Werkvertragsnehmers IWT verbesserte das in Vorprojekten entwickelte Simulationsmodell für Speicher mit Phasenwechselmaterialien weiter und simulierte im Speziellen Systeme mit Saisonspeicherung und PCM. Hierbei wurden, als Weiterführung der bisherigen Arbeiten im IEA SHC Task 42, auch hypothetische Stoffwerte verwendet, um die theoretischen Potentiale von verbesserten Materialien zu ermitteln.

Der Werkvertragnehmer AEE INTEC brachte neben den laufenden Task-tätigkeiten und der Weiterführung der Simulationen für Saisonspeicher mit Sorptionsmaterialien das FFG, neue Energien 2020 –Projekt „Grundlegende Untersuchungen zur Entwicklung eines marktfähigen Wasserwärmespeichers mit Vakuumisolation – Thermoskannenspeicher“ ein.

Der Werkvertragnehmer AIT hat neben den laufenden Task-tätigkeiten weitere Simulationsergebnisse von Fernwärmenetzen in Kombination mit Sorptionsspeichern eingebracht. Aufgrund von mangelnden Materialdaten und Speichereigenschaften (z. B. Kennlinien) wurden erstmals theoretische und vereinfachte Modelle genutzt. In der Phase 2 sollen die angenommen Eingabedaten mit den Task-Experten diskutiert werden und die Simulationen damit verfeinert werden. Außerdem wurde das Integrationspotenzial von Sorptionsspeichern in Fernwärmenetzen mit den Task-Experten diskutiert.

Der Werkvertragnehmer ASIC –Austria Solar Innovation Center hat neben den laufenden Task-Tätigkeiten Erkenntnisse aus dem nationalen Forschungsprojekt „Austrian Masterplan Thermal Energy Storage“ KLIEN-Projekt 825463 NE-TDS eingebracht. Der Masterplan ist ein strategisches Lenkungsinstrument für angestrebte nationale Forschungsaktivitäten und internationale Forschungskooperationen um eine nachhaltige Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien im Energieaufkommen Österreichs zu erreichen. Das Projekt wird von den vier österreichischen Instituten mit dem höchsten Know-how auf dem Gebiet der thermischen Energiespeicher mit ASIC als Konsortialführer durchgeführt. Alle interessierten nationalen Akteure sowie Vertreter internationaler

Forschungszentren auf dem Gebiet der Speicherforschung und Anwendung waren bei der Ausarbeitung durch Workshops und Interviews eingebunden.

2.4 Beschreibung der verwendeten Methodik, Daten und Vorgangsweise

Die Ergebnisse der österreichischen Forschungsprojekte wurden zum Einen in den Task eingebracht, zum Anderen flossen die Erkenntnisse des Tasks in österreichische Forschungsprojekte ein und führten zu neuen nationalen und internationalen Projekten.

Auf österreichischer Seite wurde über den Masterplan Thermal Energy Storage und die IEA Vernetzungstreffen die Erkenntnisse einer größeren Zielgruppe weitergegeben..

3 Ergebnisse des Projektes

3.1 Beschreibung der Projektergebnisse und Meilensteine.

AP01: Beteiligung bei den Task-Meetings + WG Lead "Systems Integration"

Es wurde an allen Projekt-Meetings teilgenommen:

- 4. Task Meeting 27.-28. September 2010 Graz, Österreich**
- 5. Task Meeting 20.-21. Februar 2011 Belfast, Irland**
- 6. Task Meeting 20, 21 and 22 September 2011, Minneapolis, USA**
- 7. Task Meeting 27, 28 and 29 März 2012, Tokio, Japan**
- 8. Task Meeting 17, 18 and 19 Oktober 2012, Petten, Niederlande**

AP02 PCM Saisonspeicher für Solarthermie (Simulation)

UIBK

In Abänderung des Antrages wurden seitens UIBK im Rahmen der Kooperation **ClimateConcrete** mit der Fa. Progress in Brixen und der EURAC in Bozen ein Simulationsmodell in TRNSYS zur Ermittlung der Kurzzeit - Wärmespeichermöglichkeiten von Betonkernaktivierungen in teilvorgefertigten Betondecken und den damit verbundenen Auswirkungen auf den Heiz- und Kühlenergiebedarf, die Behaglichkeit und die Laufzeit der Wärmeverteilpumpen aufgestellt. Die Ergebnisse der Kooperation wurden auf der 1st IBPSA-Italy Conference, 30.1.- 1.2. 2013, Bolzano und im Task-Meeting 8 Petten vorgestellt (siehe auch Kap. 2.1.5). Sie dienen als erste Grundlage für die weiterführenden Arbeiten in der Task-verlängerung bzw. im genehmigten nationalen Forschungsprojekt TheBat.

Ergebnisse Climate Concrete

Betonkernaktivierung bietet die Möglichkeit Wärme auch einige Stunden zeitversetzt zum Bedarf dann einzuspeisen, wenn die Randbedingungen günstig sind. Im Projekt Climate Concrete wurden dies über die Ein- und Ausschalt „Hysterese“ simuliert. Eine Vergrößerung der Hysterese bedeutet eine größere Wärmemenge, die im Beton zwischengespeichert wird. Dies führt somit im Heizfall zu einer erhöhten Wärmeabgabe und damit zu einem Überheizen des Raums, was wiederum einen erhöhten Wärmeverlust des Hauses zur Folge hat. Der Kühlfall verhält sich synonym.

Im Folgenden werden die Auswirkungen der Erhöhung der Ein- und Ausschalt „Hysterese“ in Bezug auf Energiebedarf Behaglichkeit und Laufzeit (Start/Stopps) des Wärmeerzeugers dargestellt. Abb. 1 zeigt den Aufbau der untersuchten Betondecke sowie den Mechanismus der Ein- und Ausschalt „Hysterese“

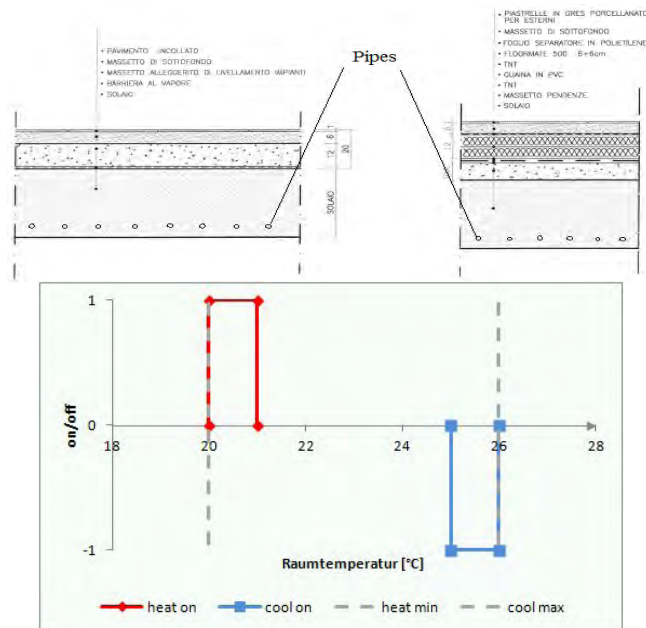


Abb. 1 Aufbau der untersuchten Betondecke und Darstellung des Ein- und Ausschaltmechanismus für eine Hysterese von 1°C für Heizen und Kühlen.

In Abb. 2 links ist die Auswirkung der Hystereseänderung auf die Lufttemperatur dargestellt. Je größer die Hysterese wird, desto mehr verschiebt sich die Häufigkeit der Raumtemperatur von 20 °C (Heizfall) und 26°C (Kühlfall) in Richtung einer mittleren Temperatur von 23°C. Die Behaglichkeit steigt somit, allerdings, wie oben bereits erwähnt, auch der Heiz- und Kühlenergiebedarf. In Abb. 2 rechts ist der Anstieg des Heizenergiebedarfs mit steigender Hysterese gezeigt. Bis zu einer Hysterese von 1°C ist dieser Anstieg gering.

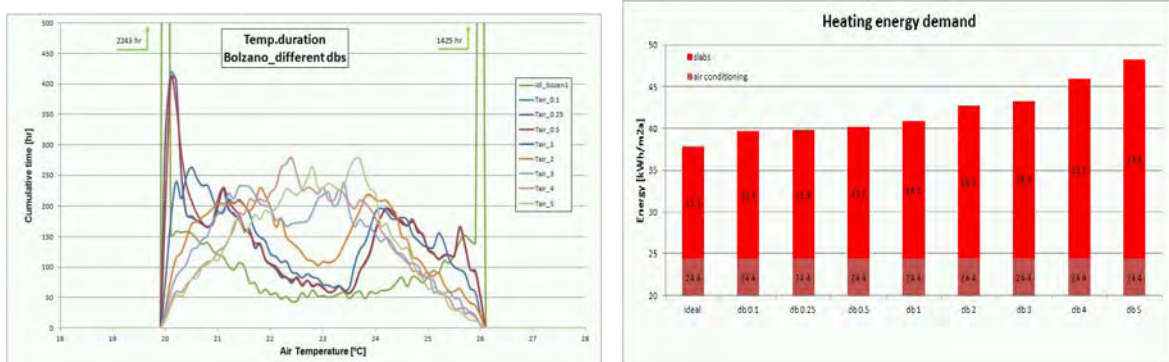


Abb. 2: Temperaturhäufigkeitsverteilung und Heizenergiebedarf für unterschiedliche Hysterese am Standort Bozen, Doppelbüro, TVL = 15/30°C, Jahresbetrachtung

Die Auswirkungen der Hysterese können wie folgt zusammengefasst werden.

Mit steigender Hysterese:

- steigt der Heiz- und Kühlenergiebedarf
- sinkt die Anzahl der notwendigen Starts (On/off Zyklen) drastisch
- steigt Laufzeit der Pumpen
- steigt (Winter) bzw. sinkt (Sommer) die Ø Oberflächentemperatur
- steigt (Winter) bzw. sinkt (Sommer) die Ø Rücklauftemperatur bzw. sinkt das Ø ΔT

In Bezug auf Smart Grid Anwendung von bauteilaktivierten Systemen ergeben sich folgende Schlussfolgerungen

- Eine Beladung der Speichermassen über das notwendige Maß hinaus bewirkt eine Erhöhung des Energiebedarfs
- Bis Hysteresen von 1 K sind diese Auswirkungen gering
- Andererseits kann Strom dann genutzt werden, wenn es für das EVU günstiger ist,
- Günstig wäre noch ein Wissen über das Wetter am nächsten Tag:
 - Ist das Wetter am nächsten Tag schlecht angesagt, kann mehr Energie in die Speichermassen eingelagert werden, ohne dass es zu einer Überwärmung am nächsten Tag kommt.
 - Ist das Wetter am nächsten Tag schön angesagt, kann weniger Energie „eingelagert“ werden.
 - Aus diesem Grund sind Wetterprognosen in den Thermal Smart Grid Regler einzubauen „Predictive Control“

Die Einbindung von thermischen sensiblen gebäudeintegrierten Speichermassen in Smart Grid Systeme (in Verbindung mit elektrisch betriebenen Wärmepumpen und fallweise Photovoltaikanlagen) erscheint erfolgversprechend. Lastverschiebungen bis hin zu mehreren Stunden, wie sie heute von Demand-Side Management Anwendungen oder Batteriespeichern wahrgenommen werden können, sind auch im thermischen Bereich möglich.

IWT

Für die Simulationen in der Working Group WB2 „Space Heating and Hot Water“ wurde festgelegt, dass die Randbedingungen des IEA SHC Task 32 verwendet werden sollen. Vom IWT wurde dazu eine Zusammenfassung der wesentlichen Aspekte der Task 32 Randbedingungen verfasst und an die Leiterin der Working Group übermittelt. Simulationen, die von mehreren Task-Mitgliedern mit diesen Randbedingungen durchgeführt wurden, sind im Final Report der Working Group WB2 zusammengefasst.

Am IWT wurden im Rahmen des Projekts Simulationsrechnungen mit den im IEA SHC Task 32 definierten Randbedingungen durchgeführt, die das Potenzial einer Integration von Phasenwechselmaterialien (PCM) in den Wärmespeicher eines solaren Kombisystems für Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung aufzeigen. Dabei wurden unterschiedliche Konfigurationen der Solaranlage hinsichtlich der Kollektorfläche und des Speichervolumens (Wasserspeicher) für ein Gebäude mit einem Heizwärmebedarf von 30 kWh/m²a untersucht. Danach wurden unterschiedliche Varianten einer Einbindung von PCMs in den Wasserspeicher für die einzelnen Konfigurationen getestet. Dabei wurden verschiedene Parameter wie z.B. die Schmelzenthalpie des PCM oder der Volumenanteil an PCM im Speicher variiert. Die Ergebnisse zeigen, dass durch die Integration von PCM die thermische Energieeinsparung $f_{\text{sav,therm}}$ bei Systemen mit hohem solaren Deckungsgrad signifikant erhöht werden kann (siehe **Abb. 3**).

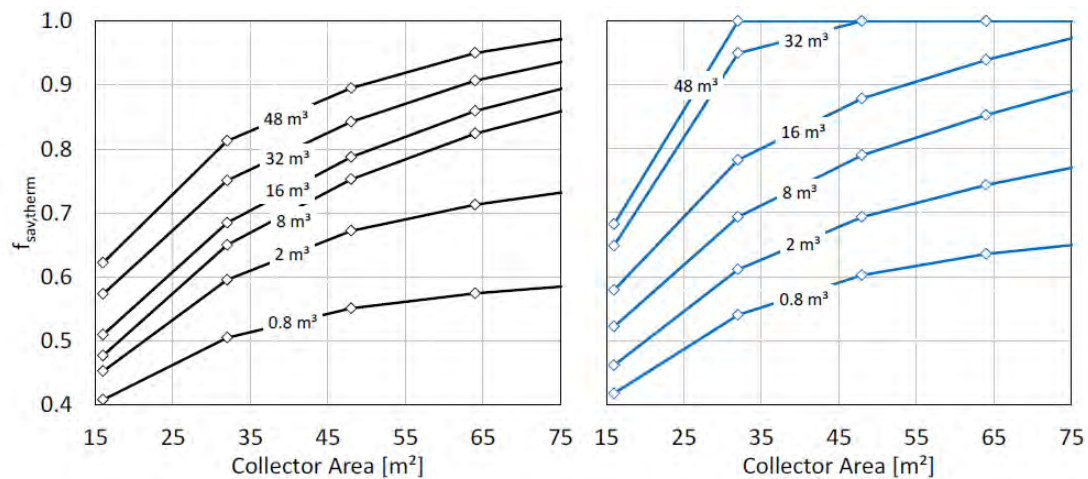


Abb. 3: Solarer Deckungsgrad $f_{sav,therm}$ abhängig von Kollektorfläche und Speichervolumen für Wasser-Speicher (links) und Wasser&PCM-Speicher (rechts)

Teile dieser Arbeiten wurden bei der Eurosun 2010 in Graz (Heinz et al., 2010) und beim Symposium Thermische Solarenergie 2011 in Bad Staffelstein (Heinz et al., 2011) veröffentlicht. Ende 2012 erfolgte die Dokumentation der Ergebnisse im Final Report der Working Group WB2. Im Frühjahr 2013 wurde ein Übersichtsartikel über die Ergebnisse des Task42 für das Symposium Thermische Solarenergie 2013 in Bad Staffelstein verfasst, für den auch das IWT einen Beitrag geliefert hat (van Helden et al., 2013).

Das **EU Project COMTES** („Combined Development of compact thermal energy storage technologies“) zum Thema thermische Langzeitspeicherung wurde am 1. April 2012 gestartet. Es ist in drei Entwicklungslinien unterteilt: Linie A Festkörpersorptionspeicher, Linie B Flüssigsorptionspeicher und Linie C Phasenwechselmaterialspeicher. Das erste Arbeitspaket im Projekt wurde vom Institut für Wärmetechnik (IWT) der TU Graz geleitet. Hier wurden die drei Speichersysteme beschrieben, die Randbedingungen für Simulationen ausgearbeitet und Daten für Wetter und Warmwasserbedarf zur Verfügung gestellt. In Anlehnung zu bereits abgelaufenen Projekten (z.B. TASK 32) wurden Gebäudemodelle für TRNSYS 17 ausgearbeitet und eine Basis für die Simulation des Referenzsystems aufgestellt. Für eine Leistungsanalyse wurden Leistungskennwerte beschrieben, die in weiterer Folge für die Auswertung von Simulations- und Messergebnisse herangezogen werden können. Inhaltlich ist das IWT an der Entwicklungslinie C beteiligt. Die Hauptaufgaben sind hier die Untersuchung des verwendeten Phasenwechselmaterials Natriumacetat Trihydrat, wobei hier im Wesentlichen die Speicherfähigkeit mittels der sogenannten T-History Methode gemessen wird. Die ersten Ergebnisse wurden auch mit DSC Messungen (durchgeführt vom ISE Freiburg) verglichen (siehe Abbildung). Zusätzlich werden auch Viskositäts- und Dichtemessungen durchgeführt.

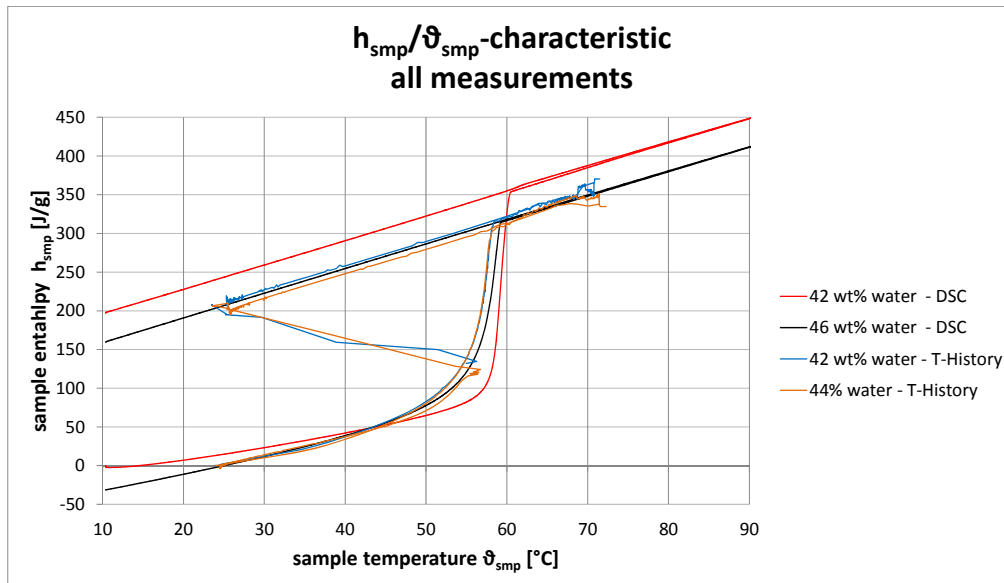


Abb. 4 : Vergleich der Temperatur-Enthalpie Kurve gemessen mit T-History und DSC für Natrium Acetat Trihydrat mit unterschiedlichem Wassergehalt (42%, 44% und 46 %)

In Laborversuchen wird der Prozess der Unterkühlung untersucht und Mechanismen für die Einleitung des Kristallisationsprozesses evaluiert. Hier hat sich die Methode der Abkühlung eines kleinen Materialvolumens unter eine kritische Temperatur von -15 °C mit einem Peltier Element bewährt. Den aktuellen Prototypen für die Integration eines Peltier Elements in ein Speichermodul zeigt die folgende Abbildung.

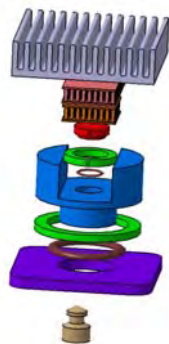


Abb. 5: Explosionszeichnung des Aufbaus für die Integration eines Peltier Elements (links) und ein Foto des Prototyps (rechts)

Erste Ergebnisse zu den Messungen wurden am 8. Task-Meeting am 17. - 19. Oktober 2012 in Petten, Niederlande vorgestellt (siehe Präsentation im Anhang).

Für den Aufbau eines vollständigen Saisonspeichers mit Phasenwechselmaterial wurden erste Konzepte entwickelt. Berechnungen ergaben, dass für die Versorgung eines Niedrigenergie Einfamilienhauses mindestens 6 m^3 Phasenwechselmaterial notwendig sind. Da bei Bedarf nur ein Teil des Materials aktiviert werden soll, muss es in einzelne Module gekapselt werden, die auch gedämmt sein müssen. Unter Berücksichtigung von weiteren Randbedingungen ergeben sich dadurch 26 Module mit einem Gewicht von ca. 600 kg pro Modul und, je nachdem welche zusätzlichen Systemkomponenten notwendig werden, ein Gesamtgewicht von 15 – 20 Tonnen für das Gesamtsystem.

AP 03 Masterplan Thermal Energy Storage: Aufarbeitung und Präsentation der Ergebnisse

ASIC

Das Ziel der Studie, die vom ASIC-Austria Solar Innovation Center- geleitet wurde, ist die Erstellung eines strategischen Lenkungsinstrumentes für die Koordination der F&E Aktivitäten auf dem Gebiet der thermischen Energiespeicherung in Österreich. Die Studie liefert eine fundierte Technologiebeschreibung auf Basis publizierter Projektergebnisse und, davon ausgehend, eine Beschreibung von zukünftigen thermischen Speicheranwendungen und den notwendigen Forschungszielen. Das Projekt wurde am 31.12.2011 abgeschlossen. Die Ergebnisse wurden in einem Abschlussbericht und bei den Auftraggebern (BMVIT) sowie bei nationalen und internationalen Veranstaltungen präsentiert. Die Projektdokumente (Basic Doc und Strategic Doc) die die inhaltlichen Ergebnisse zusammenfassen wurden/werden Interessierten zur Verfügung gestellt.

Aktivitäten in Europa

Das Interesse an thermischer Speicherforschung in Europa ist seit Jahren stetig steigend. Die Notwendigkeit für neue Thermische Speicher wurde in mehreren Studien und Technologie-Roadmaps herausgearbeitet (European Solar Thermal Technology Platform ESTTP, Renewable Heating and Cooling Platform RHC-ETP, nationale Plattformen darunter auch Österreich¹). Dies stärkt die Prominenz der Thermischen Speicherforschung in den Förderprogrammen. Ein EU-Call für F&E Projekte, wo thermische Speicher berücksichtigt werden, wurde 2011 gestartet, ebenso nationale Ausschreibungen in Deutschland und Frankreich.

Um die Rolle der Aktivitäten in Österreich im Vergleich zu anderen Ländern abschätzen zu können, wurde eine Umfrage bei allen 55 tätigen Forschungsinstitutionen und Unternehmen, die im IEA-SHC-Task42 teilnehmen, im April 2012 durchgeführt. 35 haben auf die Umfrage geantwortet und das Ergebnis ist in Tabelle 3 zusammengefasst. In Europa konnten für Forschung explizit auf dem Gebiete neuer Wärmespeicher-Technologien aktuell Förderungen im Umfang von 5,1 Mio. € lukriert werden. Mit diesen Budgets können Personal- Ressourcen im Ausmaß von etwa 660 Personen-Monate pro Jahr eingesetzt werden. Die Leiter des Task42 schätzt den Umfang der nicht gemeldeten Aktivitäten auf etwa 30%. Mit dieser Dunkelziffer kann der Gesamtumfang der Forschung an neuen Wärmespeichern in Europa mit 7,7 Mio. € beziffert werden.

Tabelle 2: Zusammenfassung der Aktivitäten in der Speicherforschung in Europa 2012

Country	Project-resources		Number of research institutions	Material research			Heat transfer and reactor design	Modeling	Testing	Field of application		
	Est. budget in k€/year	Person-months/year		Sens	PCM	TCM				Cooling	DHW and heating	Industrial heat and CSP
E	1358	132	7	4	7	7	5	5	6	3	4	6
D	925	142	8	2	6	8	5	4	6	4	4	3
F	787	121	5	2	3	4	5	5	4	4	3	1
A	735	79	5	4	1	4	5	5	4	2	5	2
NL	551	78	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2
Other	884	136	7	1	5	7	4	5	5	3	5	2
TTL	5240	688	35									

Aktivitäten in Österreich

Fünf österreichische Forschungsinstitutionen sind im IEA-SHC-Task42 tätig, vier davon haben an der aktuellen Studie mitgewirkt. Laut Umfrage konnten für Forschungsprojekte aktuell in Österreich jährlich Mittel in der Höhe von 735 k€ lukriert werden, was Ressourcen für Personal von etwa 79

¹ Solarwärme 2020, Ch. Fink et.al., Berichte aus Energie- und Umweltforschung, 17/2009, BMVIT, Wien

Personen-Monaten pro Jahr entspricht. Damit liegt Österreich international unter den fünf wichtigsten Akteuren. Die Fördermittel konnten aus den Programmen FP7, NE2020 und Regio13 gewonnen werden.

Ein großes Hindernis für neue Forschungsanträge ist allgemein die geringe Beteiligung der Industrie an der Forschungsfinanzierung für Speicher. Diese Situation ist typisch für Österreich aber auch für ganz Europa, wie im Rahmen der Ausschreibungen für das 7. Rahmenprogramm-Energie festgestellt werden konnte.

In bereits abgeschlossenen österreichischen Studien (Solarwärme 2020, 2009) wurde die Rolle von Wärmespeichern als Schlüsseltechnologie für Solarwärme und Effizienz in industriellen Anwendungen betont. Für die notwendigen Aktivitäten zur Entwicklung wurden gewidmete Forschungsbudgets in der Höhe von 5-10 Mio. € pro Jahr geschätzt. Aktuell entspricht das Ausmaß der Aktivitäten in Österreich in keiner Weise der Wichtigkeit des Themas für technische Anwendungs-Szenarios wie auch für die politische Zielerreichung.

Projektdokumente

In den Schriftteilen „Strategic Document“ und „Basic Document“ wird die Informationsbasis für die zukünftige Entwicklung gelegt: Eine umfassende Definition der Ausgangssituation, Anwendungen und Potentiale für zukünftige Szenarien, Zeitschienen für die Entwicklung der einzelnen Speichertechnologien (sensible Speicher, Phasenwechselspeicher, Sorptions- und Thermochemische Speicher) und die Forschungsziele um die Umsetzung zu ermöglichen. Die Dokumentation ist in englischer Sprache gehalten um Projektergebnisse und internationale Aktivitäten integrieren zu können. Die Dokumentation steht Interessierten – über Anfrage via ASIC Homepage - zur Verfügung.

Zukünftige Anwendungen mit hohem Marktpotential sind in vielen Bereichen zu finden: Gebäudeanwendungen (Heizen/Kühlen), industrielle Prozesswärme, Wärmespeicher in Verbindung mit Smart-Grids (Kraft-Wärme-Kopplung, neue Wärmenetze) und mobile Anwendungen, z.B. in Elektrofahrzeugen können genannt werden. Die Anwendungsfelder wurden im Projekt Masterplan TES beschrieben und die wesentlichen Entwicklungs Herausforderungen identifiziert.

AEE INTEC, IWT

Ergebnisse und Aktivitäten des IEA Task sind in das Projekt „MasterPlan Austria Thermal Energy Storage“ eingeflossen. Es wurde bei der Ausarbeitung der Schriftteile „Strategic Document“ und „Basic Document“ mitgearbeitet, welche eine Informationsbasis für zukünftige Entwicklungen auf dem Gebiet der thermischen Energiespeicherung legen. Des Weiteren bieten die Dokumente einen Überblick über die vier wichtigsten Wärmespeichertechnologien - sensibel, PCM, sorptiv und thermochemisch - bzw. deren zugrundeliegenden physikalischen Prinzipien, sowie einen Überblick über wichtige Forschungsprojekte und ausgewählte Produktentwicklungen. Im Rahmen des Projekts wurden von AEE INTEC Experten-Interviews durchgeführt. Beim Workshop „Innovative Wärmespeicher“, der am 5. Oktober 2011 in Wien stattfand, wurde inhaltlich mitgearbeitet.

AP 04 Sorptionsspeicher in Fernwärmenetzen und Saisonspeichern (Simulation)

AEE INTEC

Bereits im vorangegangenen IEA-SHC Task 32 wurde ein geschlossenes Sorptionsspeichermodell auf Basis von festen Adsorbentien innerhalb der Simulationsumgebung TRNSYS unter den im Task 32 definierten Randbedingungen erstellt. In dem damals simulierten Systemkonzept wurde nur die Raumheizung eines Einfamilienhauses über den Sorptionsspeicher abgedeckt, die Warmwasserbereitung erfolgte über solare Erträge sowie konventionelle Nachheizung. Der Grund dafür war, dass mit der Materialpaarung Silikagel/Wasser gearbeitet wurde, die nur einen relativ geringen Temperaturhub ermöglicht. Im vorliegenden Projekt wurde das Modell überarbeitet und

an die neuen sorptiven Materialien im Rahmen der Simulationsumgebung TRNSYS auf Basis des IEA SHC Task 32 Templates angepasst.

Derzeit sind im Bereich der Materialforschung vermehrt Aktivitäten bzgl. der Entwicklung von neuen sorptiven Materialien zu sehen, die für die thermische Energiespeicherung interessant sein können (neben Silikagel neue Zeolithe, AIPO, SAPO, MOF etc.). Im Hinblick auf diese neuen sorptiven Materialien, die einen größeren Temperaturhub ermöglichen, wurde das TRNSYS Modell so angepasst, dass auch die Warmwasserbereitung über den Sorptionspeicher möglich ist.

Das Hydraulikschema des simulierten Systemkonzepts ist in Abb. 6 dargestellt und besteht aus:

- Solarkollektoren (Flachkollektoren, Vakuumröhren- oder Vakuumflachkollektoren)
- Sorptionspeicher mit integriertem Wärmetauscher zum Be- und Entladen
- Verdampfer/Kondensator, angeschlossen an Erdkollektoren oder Erdsonden als Niedertemperatursenke bzw. -quelle
- Separater Behälter zur Speicherung von flüssigem Wasser, das desorbiert und kondensiert wurde
- Kleiner Trinkwarmwasserspeicher, um genügend Schüttleistung für die Trinkwarmwasserbereitung zur Verfügung stellen zu können

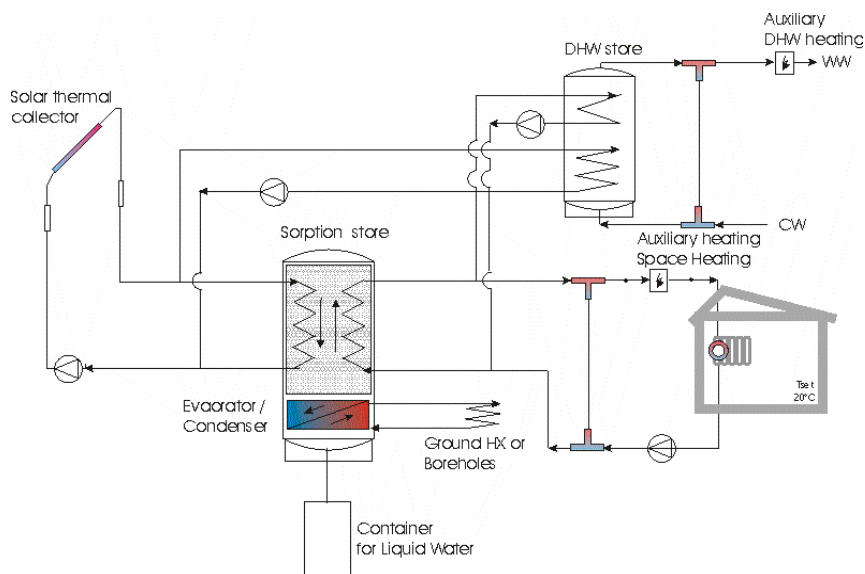


Abb. 6 Systemkonzept eines geschlossenen Sorptionspeichersystems

Im Rahmen des IEA-SHC Task 4224 wurden mit diesem Modell Simulationen mit dem relativ neu auf dem Markt verfügbaren binderfreien Zeolithen 13XBF der Firma Chemiewerke Bad Köstritz durchgeführt. Da der Zeolith Desorptionstemperaturen von mindestens 180°C benötigt, wurde für die Simulationen Vakuumröhren- und Hochvakuum - Flachkollektoren verwendet. Es wurden die Lastdaten vom Referenzgebäude mit 30 kWh/(m² a) am Standort Zürich verwendet. Als Wärmequelle und -senke wurden Erdsonden verwendet.

Die Ergebnisse sind in Abb. 7 dargestellt. Zum Vergleich sind Kurven für konventionelle Wasserspeicher dargestellt, deren Volumen sich aus der Summe des Sorptionspeicher- und Trinkwasser-speichervolumen zusammensetzt. Auf der Y-Achse sind die fractional energy savings $f_{sav,therm}$ (nach Definition aus IEA-SHC Task 26 und 32) aufgetragen. Mit Vakuumröhrenkollektoren können mit diesem Material mit einer relativ moderaten Systemgröße von 35 m² Kollektorfläche und 7.5 t 13XBF thermal fractional energy savings von über 90% erreicht werden. Mit Hochvakuum - Flachkollektoren reichen sogar 5 t Zeolith dafür aus.

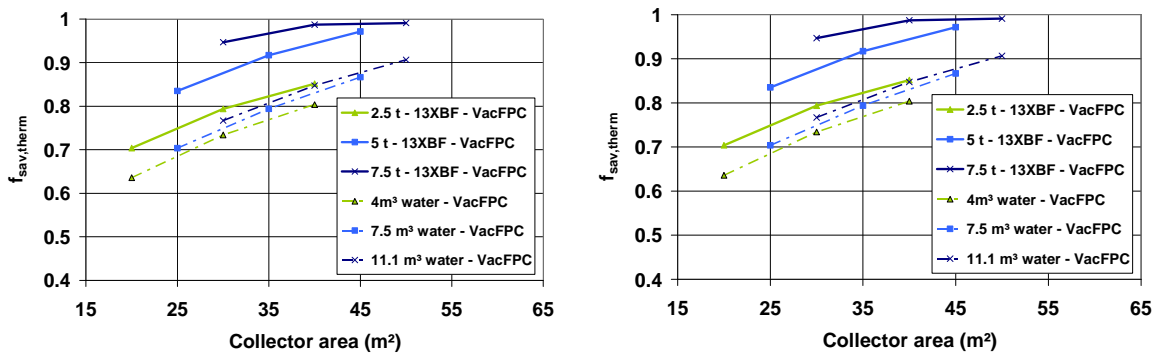


Abb. 7: Simulationsergebnisse für Zeolith 13XBF mit Vakuumröhrenkollektoren (links) und Hochvakuum - Flachkollektoren (rechts) im Vergleich mit Wasserspeichern gleichen Volumens

In Zusammenarbeit mit der Universität Stuttgart (ITW, Deutschland) wurden außerdem Vergleiche mit einem offenen Systemkonzept, das an die Lüftungsanlage des Hauses angebunden ist, durchgeführt. Dazu wurden Simulationen unter den gleichen Randbedingungen durchgeführt. Die fractional energy savings beider Systemkonzepte unterscheiden sich nur um wenige Prozentpunkte. Angesichts relativ hoher Ungenauigkeiten bei der Modellbildung der Sorptionsspeicher kann daher von einer in etwa gleichen thermischen Leistungsfähigkeit der Systemkonzepte ausgegangen werden. Die genaue Analyse der Ergebnisse zeigte aber im Jahresverlauf deutliche Unterschiede.

- Der Solarertrag ist höher beim GESCHLOSSENEN System, weil die Kollektortemperaturen niedriger sind. Desorption findet im hier simulierten OFFENEN System immer bei $180^{\circ}C$ statt, da immer ein kleiner Teil der Zeolithmenge komplett desorbiert wird, bevor mit einer neuen Zeolithcharge weitergearbeitet wird. Beim GESCHLOSSENEN System wird die maximale Kollektortemperatur erst am Ende des Sommers erreicht.
- Beim OFFENEN System muss zu Beginn der Heizsaison immer wieder nachgeheizt werden, da die Kapazität des Systems durch die Lüftungsanlage begrenzt ist (Wassermenge, die dem Sorptionssystem zur Adsorption zugeführt werden kann).
- Beim GESCHLOSSENEN System findet ein Großteil der Desorption schon im Frühjahr statt, beim OFFENEN System dagegen kann erst desorbiert werden, wenn der Kollektor $180^{\circ}C$ erreicht. Dies ist zwar auch manchmal schon im März der Fall, der Großteil der Desorption findet aber erst in den Sommermonaten statt.

Dieser Effekt ist in Abb. 8 dargestellt. Aufgetragen ist die noch feuchte Materialmenge (OFFENES System, rote Kurve, linke Achse) über die Zeit bzw. der Wassergehalt des Sorptionsspeichers (GESCHLOSSENES System, blaue Kurve, rechte Achse) über die Zeit.

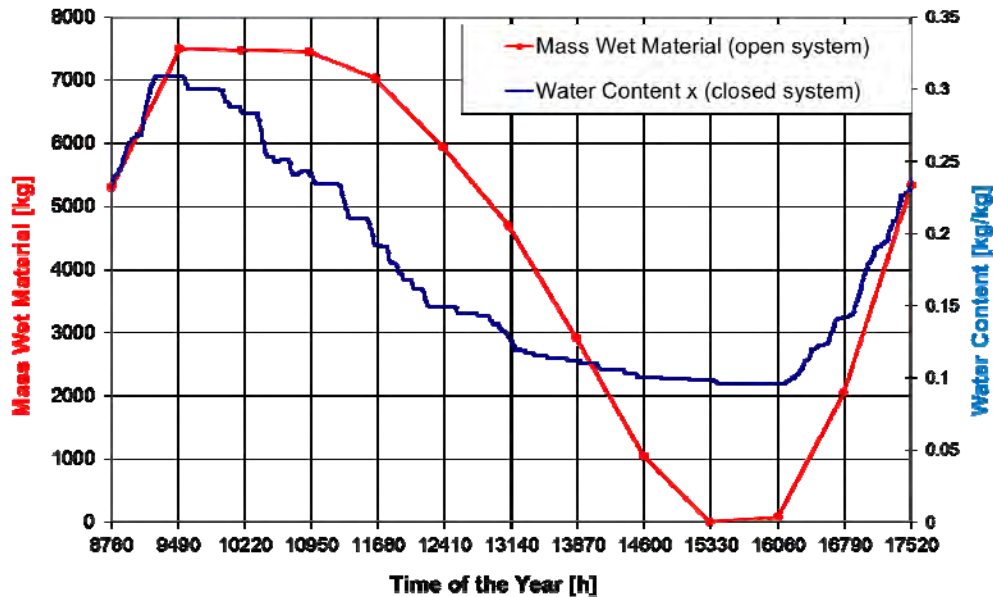


Abb. 8: Materialmenge des noch feuchten Materials für ein OFFENES System (rote Kurve, linke Achse) im Vergleich mit dem Wassergehalt des Sorptionsspeichers im GESCHLOSSENEN System (blaue Kurve, rechte Achse)

- Beim GESCHLOSSENEN System ergeben sich große Wärmeverluste des Sorptionsspeichers. Daher ist eine gute Isolierung notwendig, um den Sorptionsspeicher auch zur Speicherung von sensibler Wärme nutzen zu können.
- Beim OFFENEN System treten Wärmeverluste dadurch auf, dass heiße Luft den Reaktor nach der Desorption verlässt und dass heißes getrocknetes Sorptionsmaterial im Materialspeicher auf Umgebungstemperatur abkühlt. Eine sensible Wärmespeicherung im Sorptionsmaterial findet nicht statt.

Über die durchgeführten Simulationen wurde ein Beitrag für den Task 4224 Bericht der Working Group WGB2 “Development of Space Heating and Domestic Hot Water Systems with Compact Thermal Energy Storage” erstellt. Der Bericht ist zur Zeit im IEA-SHC Review Prozess und sollte in den nächsten Monaten veröffentlicht werden. Zusätzlich wurden zwei Beiträge bei der SHC 2013 Conference im September 2013 in Freiburg eingereicht.

- “On the road to large-scale seasonal solid sorption heat stores”, G. Mauthner, D. Jähnig, W. Wagner, F. Bertsch, H. Kerskes, J. Jänchen
- Comparison of the thermal performance of a solar heating system with open and closed solid sorption storage”, F. Bertsch, D. Jähnig, S. Asenbeck, H. Kerskes, H. Drück, W. Wagner, W. Weiss

AIT

Im Rahmen des Projektes „**SmartHeatNet**“ (FFG-Projektnummer 825549 der Programmlinie Neue Energien 2020 des Klima- und Energiefonds), welches gemeinsam mit der Salzburg AG durchgeführt wurde, wurden seitens AIT unterschiedliche Betriebsoptimierungsstrategien von Fernwärmenetzen simulationstechnisch untersucht und getestet. Als Modellierungsumgebung wurde Modelica sowohl für das Fernwärmenetz als auch den Sorptionsprozess verwendet. Abgebildet wurde dabei das Fernwärmenetz von Altenmarkt in Pongau (Salzburg). Die Simulationsstudie untersucht die Performance von Fernwärmenetzen mit integrierten DEC-Systemen umgesetzt als thermo-chemische Speichereinheiten (TCS) und führt zu einem Vergleich mit dezentralisierten, kleinen Absorptionskältemaschinen (AbC) anhand ausgewählter Indikatoren.

Die Hauptergebnisse der durchgeführten Arbeiten können wie folgt kurz zusammengefasst werden:

- Verteilverluste können bei verstärkter Nutzung des Fernwärmenetzes reduziert werden; ähnliche Vorteile beim Einsatz von kleinen AbC (siehe Abb. 9)
- Keine Beschränkung in Bezug auf die installierte Kältekapazität, da die Rücklauftemperatur von der Ladephase des thermochemischen Speichers profitiert; dies stellt auch den Hauptvorteil gegenüber dem Einsatz von AbC dar (siehe Abb. 10);
- Die Positionierung des Sorptionsspeichers hat keinen Einfluss auf den Betrieb des Fernwärmenetzes, mit Ausnahme der Pumpkosten, die umso höher sind, je weiter weg der Speicher installiert ist (siehe Abb. 11);
- Die verschiedenen Betriebsstrategien (Startzeit und Dauer der Sorptionsphase) beeinflussen vor allem die Pumpkosten; sie führen zu einer Reduktion der Verteilverluste von bis zu 15% und zu einer leichten Erhöhung des durchschnittlichen Temperaturabfalls von rund 3%. (siehe Abb. 11 und Abb. 12);

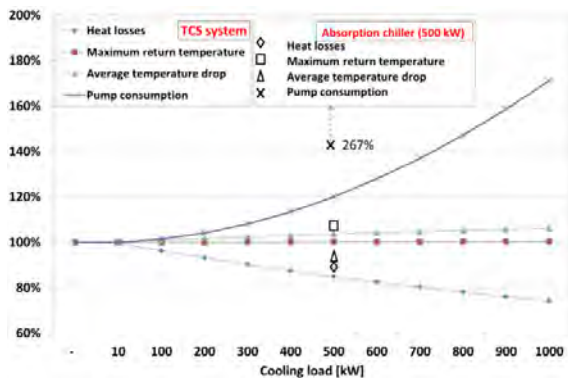


Abb. 9 : Bewertung von Schlüsselindikatoren in Bezug auf die Variation der Kühllast

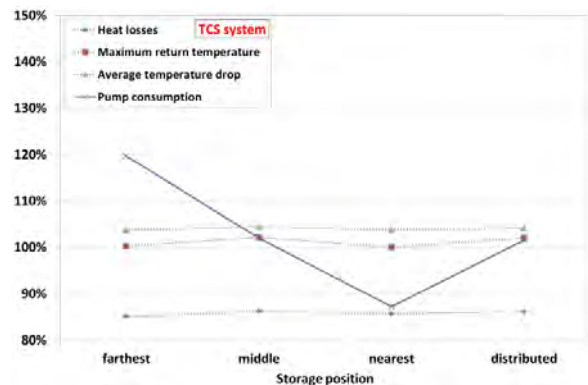


Abb. 10: Bewertung von Schlüsselindikatoren in Bezug auf die Positionierung

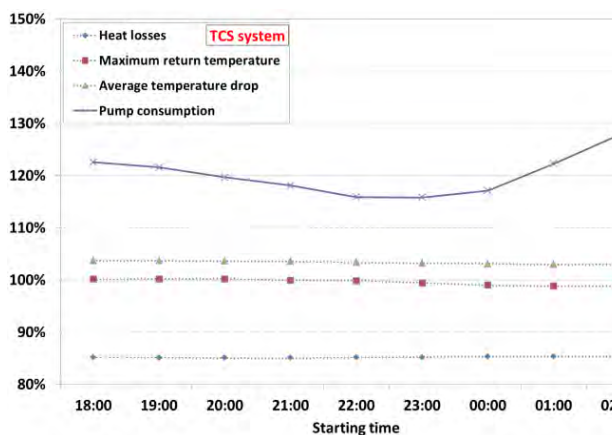


Abb. 11: Bewertung von Schlüsselindikatoren in Bezug auf die Startzeit der Desorptionsphase

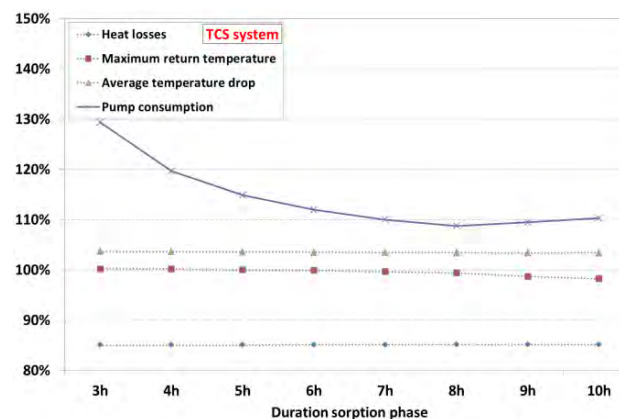


Abb. 12: Bewertung von Schlüsselindikatoren in Bezug auf die Dauer der Desorptionsphase

AP 05 Vernetzung, Veröffentlichungen (siehe Kapitel 4)

3.2 Beschreibung der Ziele, die in dem Projekt verfolgt werden und Darstellung, ob und wie diese erreicht wurden.

Die Projektziele wurden bereits in Kapitel 2.3 beschrieben und wurden Großteils erreicht (siehe Kapitel 3.1). Daher beschränkt sich die folgende Beschreibung auf die Änderungen, die sich in Bezug auf die ursprünglichen Ziele:

Durch die Verlängerung des Projekts wurde an 5 anstatt wie geplant 4 Meetings teilgenommen.

UIBK

Im Vergleich zum Antrag wurden die Simulationsarbeiten für PCM- Saisonspeicher für Solarthermie in AP02 primär von IWT durchgeführt. Dafür wurden seitens UIBK weiterführende Untersuchungen im Bereich Energiespeicherung durch Speichermassen im Gebäude in und die Auswirkungen auf Energieverbrauch und Behaglichkeit durchgeführt (siehe Kap. 2.1.5).

ASIC

Im Vergleich der angewendeten Methoden und angestrebte Ergebnisse im Projekt Masterplan haben sich keine wesentlichen Abweichungen ergeben.

Eine methodische Änderung hat sich durch die Einbindung der Methode BSC-Balanced Scorecard ergeben. Da sehr rasch augenscheinlich wurde, dass dieses Management-Tool für Unternehmen entwickelt wurde die profitorientiert agieren ergaben sich Fragen zur Anwendbarkeit. In der wirtschafts-wissenschaftlichen Literatur sind Anwendungen für Non-Profit-Organisationen angegeben, aber auch diese handeln nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten (ohne Gewinn-, jedoch mit Leistungsmaximierung).

Da die Forschungsentwicklung eine anreiz-basierte Entwicklung aufweist und daher nur indirekt steuerbar ist wurde die Expertise des Leiters des Institutes für Unternehmensführung und Organisation (Prof. Dr. Stefan Vorbach) für Beratertätigkeit engagiert. Die Kosten sind nicht im Projektantrag enthalten und können nicht abgerechnet werden.

Eine weitere Änderung ergab sich durch eine Aufgabenverschiebung vom Subauftragnehmer Wim.v.Helden/Renewable Heat zum Projektkoordinator.

3.3 Welche Ergebnisse wurden in der Task/ dem Implementing Agreement veröffentlicht?

Für den WGB2 "Development of Space Heating and Domestic Hot Water Systems with Compact Thermal Energy Storage" wurden Beiträge von AEE INTEC und der TU Graz (IWT) verfasst. Der Bericht ist zurzeit im IEA-SHC Review Prozess und sollte in den nächsten Monaten veröffentlicht werden:

- Seitens AEE INTEC wurde ein Beitrag über die durchgeführten Simulationen im Bereich Sorptionsspeicher eingebracht.
- Die Ergebnisse der durchgeführten Simulationen im Bereich PCM Speicher wurden seitens IWT eingebracht.

Die Ergebnisse des Austrian Storage Master Plans wurden in die folgenden IEA-TASK42 Berichte eingebracht (Del. C2.1 Inventory and analysis of existing store types and their possible applications, und Del C2.2 First version of storage system design methodology). Beide Berichte befinden sich noch in der Review-Phase.

3.4 Welche weiteren Ergebnisse der Task/ des Implementing Agreements werden noch veröffentlicht (wann voraussichtlich)?

Die Projektpartner werden sich in den Berichten zur Working Group B2: Heating / DHW engagieren. Dies wird voraussichtlich noch im Jahr 2013 passieren.

4 Detailangaben in Bezug auf die Forschungsk Kooperation Internationale Energieagentur (IEA)

4.1 Darstellung der österreichischen Zielgruppe, für die die Projektergebnisse relevant sind

UIBK

Durch die Projekte Climate Concrete und zukünftig TheBat konnten neue Zielgruppen die Thematik der Wärmespeicherung eingebunden werden. Dies sind insbesondere Wärmepumpenhersteller und Hersteller von thermischen Speichermassen. In Absprache mit den Task-Leadern Wim van Helden und Andreas Hauer (ZAE Bayern) wird diese Schiene der sensiblen Wärmespeicher auch in die Verlängerung des Tasks mit aufgenommen werden. Die Kommunikation erfolgte zum einen über die IEA-Vernetzungstreffen und zum anderen in direkter Kommunikation mit den neuen Zielgruppen.

ASIC-Masterplan

Für die Studie Masterplan sind mehrere Arten der Verwertung vorgesehen.

1. Verwendung als strategisches Lenkungselement
2. Verwendung für die Formulierung von Förderprogrammen
3. Verwendung von Präsentations-Material zur Stärkung der österreichischen Position
4. Verwendung als Know-How-Transfer für die Workshop-Teilnehmer und Interessierte

Ad1:

Die Verwendung als strategisches Lenkungselement obliegt dem Auftraggeber. Für die Erörterung der weiteren Vorgangsweise im Bereich Forschung- thermische Energiespeicher und um die Ergebnisse des Masterplan zu präsentieren wurde ein Treffen am 15. Juni 2012 im Ministerium BMVIT am Stubenring in Wien durchgeführt.

TN-Liste:

Michael Schmidt (Kabinett Bundesministerin Doris Bures)
Mariana Karepova (Kabinett Bundesministerin Doris Bures)
Michael Paula (BMVIT Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien)
Gerald Steinmaurer (GF ASIC)
Brigitte Bach (AIT)
Christian Fink (AEE INTEC)
Bernhard Zettl (ASIC, Projektleiter Masterplan Therm. Speicher)
Wim van Helden (Leiter IEA Task 42 zu Therm. Speicher)
Michael Monsberger (AIT, Projektpartner Masterplan)
Philip Ohnewein (AEE INTEC, Projektpartner Masterplan)
Andreas Heinz (IWT/TU Graz, Projektpartner Masterplan)
Roger Hackstock (Austria Solar)

Ad 2:

Die Zielsetzungen wie sie in den Förderprogrammen formuliert werden bzw. von Projekt-Evaluatoren als Entscheidungsbasis herangezogen werden bedürfen eines umfassenden Überblicks über vorhandene Resultate, zukünftige Anwendungsmöglichkeiten, einem zumindest groben Zeitablaufes und einer Liste mit formulierten Detailzielen um den Ablauf strukturieren zu können. Die Texte bzw. Projektergebnisse die sich auf diese Art der Verwertung beziehen sind im Anhang in der Datei Anleitung MP- TES beigefügt. Die Verwertung obliegt dem Auftraggeber.

Ad 3:

Das Projekt Masterplan wurde während der Projektlaufzeit und nach Projektabschluss bei mehreren Symposien und Veranstaltungen präsentiert. Die Präsentation während der Laufzeit dient der Bekanntgabe der Initiative, Kontaktmöglichkeit für die Teilnahme an den Workshops und Information an fachlich Interessierte. Nach Projektabschluss steht der Informationstransfer der Studienergebnisse im Vordergrund.

Liste der Veranstaltungen bei den das Projekt präsentiert wurde:

- Projekt-Workshops in Brüssel 10. Feb. 2011
- ASTTP-Workshop Wien 03. Mai. 2011
- Projekt-Workshops in Wien 05. Okt. 2011
- IEA-RHC-Task4224-Bericht 31. Nov. 2011
- Eurosun 2011 in Graz 29. Sep. 2011
- Smart Production der AEE INTEC in Graz 20. Okt. 2011
- Energieinnovation TU Graz 16. Feb. 2012
- Gleisdorf Solar 12. Sep. 2012

Ad 4:

Die im Projekt Masterplan ausgearbeiteten Materialien (vor allem das Basic-Dokument und die Präsentationen betreffend die Szenarien) werden als Material zum Know-How Transfer genutzt. Speziell das Basic-Dokument diente als Diskussionsgrundlage für die Teilnehmer des Speicherworkshop in Wien. Im Zuge der Anmeldung wurde der Schriftteil als die angemeldeten Teilnehmer versendet. Nach Projektabschluss wird nochmals eine Verwertungsrunde der Endergebnisse erfolgen.

AIT Fernwärmenetze

Wie bereits unter dem Punkt 2.2 ausgeführt, sind die Projektergebnisse vor allem für die Betreiber von Fernwärmenetzen relevant. Anstelle der Integration von Absorptionskältemaschinen empfiehlt sich bei hohen Rücklauftemperaturen die im Projekt näher untersuchte Systemkonfiguration mit der Integration eines DEC-Systems.

4.2 Wie wurden die relevanten Stakeholder in das Projekt eingebunden?

Die wissenschaftliche Verwertung erfolgt über Publikationen und der Präsentation von Forschungsergebnissen bei nationalen und internationalen Konferenzen. In Österreich findet die Verbreitung über die ASSTP (Austrian Solar Thermal Technology Platform), Austria Solar und nationalen Tagungen statt.

Die Verbreitung des Informationsstandes durch den Werkvertragnehmer ASIC innerhalb der nationalen Industrie und Gewerbeunternehmen findet über Kanäle des Öko-Energie-Clusters Oberösterreich und im Rahmen von anderen Veranstaltungen mittels Aussendungen, Projektberichten, Vorträgen, Workshops und Energieberatungen bei Industrie und Gewerbe statt.

Zudem wurden die Ergebnisse in der Lehre eingebunden:

Universität Innsbruck (UIBK), TU Graz, ASIC, AIT

- Übernahme der Ergebnisse in die Lehre der Universitäten (TU Graz und Innsbruck) bzw. Fachhochschulen (Technikum Wien und FH Wels).
- Einbindung der Ergebnisse in Bachelor und Masterarbeiten (auch AEE INTEC)

4.3 Beschreibung der Relevanz und des Nutzen der Projektergebnisse: Welche Kompetenzen wurden aufgebaut, welche konkrete Entwicklungen die umgesetzt?

Für Österreich bietet sich durch die Teilnahme am gegenständlichen IEA Task/ ECES Annex – die Möglichkeit, bestehende Expertise auf diesem für die Nutzung von erneuerbaren Energietechnologien äußerst wichtigem Gebiet auf internationaler Ebene zu diskutieren und bei Neuentwicklungen die gute österreichische Position zu verteidigen und die Technologieführerschaft anzustreben. Mit zahlreichen nationalen und auch internationalen Forschungsprojekten wurde eine international sichtbare kritische Masse im österreichischen F&E Bereich aufgebaut und Österreich wird als kompetenter und zuverlässiger IEA SHC Partner wahrgenommen.

Die Task-Teilnahme bietet die Chance, bestehendes und auch im internationalen Vergleich herausragendes Know-how auf einem äußerst zukunftssträchtigen Gebiet durch die internationale Kooperation weiter auszubauen und bei der Grundlagenforschung zu verbesserten thermischen Energiespeichern an vorderster Front dabei zu sein. Effiziente Wärmespeicher sind eine der Kerntechnologien zur erhöhten Nutzung von Solarthermie aber auch zur Effizienzverbesserung von Wärmeversorgungssystemen im Allgemeinen.

Energiespeicherung ist bereits heute für alle Prozesse mit unregelmäßiger Energieaufbringung und/oder Energiebedarf von immenser Bedeutung. Auf der Seite der Wärmespeicherung (primär Wasserspeicher) sind viele österreichische Firmen aktiv. Einige Firmen verfolgen dazu neuartige Speicherkonzepte auf Basis von Phasenwechselmaterialien (PCM oder auch Eisspeicher). Allerdings besteht eine große internationale Konkurrenz auf diesem Markt. Österreich hat speziell in den Bereichen der erneuerbaren Wärmebereitstellung (Solarthermie, Biomasseverbrennung) eine Technologieführerschaft in Europa aufgebaut. Diese Technologien benötigen effiziente Wärmespeicher, die sowohl als eigenständige Einheiten als auch integriert in das Gebäude oder in die Wärmeerzeugung ausgeführt sein können. Um diese Technologieführerschaft auch im Bereich der Wärmespeicherung zu erreichen, ist eine Teilnahme an internationalen Forschungsgruppen wie der IEA notwendig.

Für den Markt haben sich aufgrund des Grundlagencharakters des IEA SHC Task4224 bisher keine konkreten Produktentwicklungen ergeben.

5 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

5.1 Was sind die in dem Projekt gewonnenen Erkenntnisse für das Projektteam

Die Projektergebnisse zeigen primär, dass es bei fortschrittlichen Materialien zur Wärmespeicherung nur inkrementelle Verbesserungen gibt.

Neben den eigentlichen Materialeigenschaften sind zudem das System der Wärmezufuhr und Abfuhr aus dem Speicher sowie auch die richtige Auslegung des übergeordneten Systems von großer Bedeutung.

Eine generelle Aussage aus dem Bereich der theoretical Limits für chemische Speicher liegt darin, dass je höher die Wärmespeicherfähigkeit eines Materials ist (der Energieinhalt der getrennten chemischen Reaktanden), desto höher liegt auch die notwendige Temperatur für die Beladung (der Trennung der Reaktanden). Bei Phasenwechselmaterialien begrenzen der Wärmeübergang vom Wärmeträger zum PCM und die Wärmeleitung im PCM die mögliche Leistung oder erhöhen den notwendigen Temperaturverlust zur Übertragung der notwendigen Leistung.

Die Einbindung von thermischen sensiblen gebäudeintegrierten Speichermassen in Smart Grid Systeme (in Verbindung mit elektrisch betriebenen Wärmepumpen und fallweise Photovoltaikanlagen) erscheint erfolgversprechend. Lastverschiebungen bis hin zu mehreren Stunden, wie sie heute von Demand-Side Management Anwendungen oder Batteriespeichern wahrgenommen werden können, sind auch im thermischen Bereich möglich.

Die auf dem Markt befindlichen Materialien, die zur sinnvollen sorptiven Wärmespeicherung eingesetzt werden können, benötigen deutlich höhere Temperaturen als mit Flachkollektoren erreicht werden können. Gute Vakuumporenkollektoren oder die neu auf den Markt gekommenen Hochvakuum-Flachkollektoren sind interessante Alternativen. Die Simulationsstudien des geschlossenen Adsorptionssystems mit dem neuen Sorptionsmaterial (binderfreier Zeolith 13XBF) haben gute Ergebnisse gezeigt. Im Rahmen des Projekts COMTES wird das Systemkonzept derzeit weiterentwickelt und optimiert und dann mit diesem oder einem ähnlichen Material im Labor und einem Feldversuch in der Praxis getestet.

Die Modellierung von Fernwärmenetzen mit kleinen thermochemischen Speichereinheiten hat gezeigt, dass die Positionierung der Speichereinheiten im Netzwerk vor allem die Pumpkosten beeinflusst und dass sich die Verteilungskosten bei stärkerer Inanspruchnahme der Speicher reduzieren lassen. Zusätzlich hat sich herausgestellt, dass keine Beschränkungen hinsichtlich der Kühlkapazität auftreten nachdem die Rücklaufemperatur von den Ladephasen des thermochemischen Speichers profitiert. Dies ist auch der Hauptvorteil gegenüber der Nutzung von Absorptionskältemaschinen.

Die Projektergebnisse sind vor allem in Bezug auf neue Entwicklungen in existierenden Fernwärmenetzen interessant. So ist es für die Betreiber von Fernwärmenetzen wichtig diese zu kennen vor allem wenn die Rücklaufemperatur bereits ein Thema ist. Anstelle der Integration von Absorptionskältemaschinen empfiehlt sich in einem solchen Fall die im Projekt näher untersuchte Systemkonfiguration mit der Integration eines DEC-Systems.

Der bereits seit dem IEA SHC Task32 am IWT entwickelte TRNSYS Type zur instationären Simulation von Wärmespeichern mit PCM wurde im Hinblick auf Langzeitunterkühlung weiter verbessert und entwickelt. Es wird häufig von nationalen und internationalen Forschungsgruppen eingesetzt. Die Aktivierung von unterkühlten PCM mittels Peltier Elementen hat sich als erfolgversprechende Variante

gezeigt. Durch den Einsatz von PCM in Saisonspeichern für Solaranlagen mit über 90 % solarer Deckung kann das notwendige Volumen gegenüber Wasserspeichern etwa halbiert werden.

Zukünftige Anwendungen von effizienten Wärmespeichern mit hohem Marktpotential sind in vielen Bereichen zu finden: Gebäudeanwendungen (Heizen/Kühlen), industrielle Prozesswärme, Wärmespeicher in Verbindung mit Smart-Grids (Kraft-Wärme-Kopplung, neue Wärmenetze) und mobile Anwendungen, z.B. in Elektrofahrzeugen können genannt werden.

Österreich ist aktuell in einer guten Position um durch eine Intensivierung und Ausweitung seiner Forschungsaktivitäten eine führende Position in der europäischen Forschungslandschaft zu erreichen. Eine starke Position Österreichs zieht internationale Projektpartner an und generiert damit einen maximalen Nutzen für die österreichische Wirtschaft. Nur mit einer langfristigen, national und international koordinierten Strategie von Grundlagen- und Anwendungsforschung ist die Produktentwicklung und Marktreife von innovativen Speichertechnologien erreichbar.

5.2 Wie arbeitet das Projektteam mit den erarbeiteten Ergebnissen weiter?

Der IEA SHC Task 4224 wurde bis Dezember 2015 als IEA SHC Task 4229 verlängert. Seitens ASIC wurde die Verlängerung der Teilnahme angesucht und für alle auch in diesem Projekt beteiligten Partner genehmigt. Durch die neuen sowohl nationalen wie internationalen genehmigten Forschungsprojekte der Projektpartner kann der Input in den IEA SHC Task 42 in den nächsten fortgesetzt werden.

Durch die Vernetzung der österreichischen Partner untereinander und mit den internationalen Partnern des Tasks werden weitere gemeinsame Forschungsaktivitäten und hoffentlich auch Produktentwicklungen entstehen. Jedenfalls sind die Erkenntnisse und die Vernetzung aus dem IEA SHC Task 4224 äußerst wichtig für die weiteren Arbeiten der Partner.

5.3 Für welche anderen Zielgruppen sind die Projektergebnisse relevant und interessant und wer kann damit wie weiterarbeiten?

Neben den wissenschaftlichen Einrichtungen und den einschlägigen Firmen und Planern im Bereich Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik und thermische Speicher sind die Ergebnisse auch für Architekten und Baumeister (Ausnutzung thermischer sensibler Speichermasse) sowie für Forschungsförderungsstellen interessant, da sie einen unschätzbaren Überblick über die weltweite Entwicklung auf dem wichtigen Sektor der thermischen Energiespeicherung ermöglichen.

6 Ausblick und Empfehlungen

6.1 Resümee hinsichtlich der Ziele, die in dem Projekt verfolgt wurden.

Die Ziele dieser Partner konnten im Großen und Ganzen ohne Schwierigkeiten erreicht werden.

6.2 Weiterführende nationale Forschungsprojekte bzw. IEA-Kooperationsprojekte im Themenbereich

Es werden bereits eine Reihe von weiteren Forschungsprojekten von den Projektpartnern zum Teil gemeinsam durchgeführt.

UIBK

UIBK wird seine neue Wärmequellen- senkenanlage im Rahmen des Projektes TheBat in Betrieb nehmen. Durch den Start des nationalen Forschungsprojektes TheBat zur Nutzung von sensiblen Speichern im Gebäude für Kurzzeitspeicherung innerhalb von Smart Grids wird sich die Aktivität im Wärmespeicherbereich für die Fortführung des Task 42 definieren. Durch das Projekt ThBat bleibt die Vernetzung mit dem Partner IWT bestehen.

AEE INTEC

AEE INTEC kann in Zukunft seinen Input intensivieren, da sich in dieser Zeit verstärkt Projektaktivitäten bzw. z.T. Ergebnisse aus diesen Projekten ergeben. Dies betrifft zum einen das EU-Projekt COMTES, das im März 2012 startete und von AEE INTEC koordiniert wird. Weiters sind Ergebnisse zum Projekt SoCo- Storage Optimization Concepts (FFG), Auslegungstools für industrielle Prozesse und Speicher zu erwarten.

AIT

Das AIT ist in in das EU Projekt SoTherCo- Solar Thermochemical Compact Storage Systems und die nationalen Projekte Projekt FlowTCS - Verlustfreie Solarspeicher mittels thermochemischer GranularFiow- Materialien (Klima- und Energiefonds) sowie SoCo- Storage Optimization Concepts (FFG), Auslegungstools für industrielle Prozesse und Speicher eingebunden.

IWT

Durch das EU-Projekt COMTES, dass 2012 gestartet wurde, wird der Input in die weitere Fortführung des Tasks seitens der TU Graz, IWT bestimmt, da sich dieses Projekt inhaltlich ausgezeichnet in den Tasks einfügt.

ASIC

ASIC wird die Arbeit im Wärmespeicherbereich mit den Projekten Projekt SenThermS- Sensorik für innovative thermische Energiespeicher (Regie 13, und Land OÖ) und Projekt FlowTCS - Verlustfreie Solarspeicher mittels thermochemischer GranularFiow- Materialien (Klima- und Energiefonds) fortführen.

7 Literatur-/Abbildungs- / Tabellenverzeichnis

7.1 Link zu Taskwebsite (Seite, auf der der gesamte Taskbericht veröffentlicht ist/wird).

Sämtliche Informationen und Berichte zum Task 4224 können unter

<http://task42.iea-shc.org/>

heruntergeladen werden.

Dieser Bericht mit seinen Anhängen und den Publikationen der Projektpartner innerhalb des Tasks werden nach der Approbation seitens der FFG unter

<http://www.nachhaltigwirtschaften.at/iea/publikationen/schriftenreihe.html>

zu finden sein.

7.2 Auflistung von Publikationen des Task

- Altenburger F., Hausner R., Fink C., Pink W., Gunczy S. (2011): Theoretische Untersuchungen zur Entwicklung eines Wasserwärmespeichers mit Vakuumdämmung, 21. Symposium Thermische Solarenergie, 11.-13. Mai 2011, Bad Staffelstein, Deutschland, Hrsg.: OTTI, Wernerwerkstraße 4, 93049 Regensburg, Deutschland
- Avesani, St., Neyer, D., Baldracchi, P., Uberegger, U.F., Lollinie, R. (2013), Active Slab Design by Lab Test and Modelling, BSA 2013, Building Simulation Applications 1st IBPSA-Italy Conference, 30.1.- 1.2. 2013, Bolzano
- Basciotti, D. Pol, O., (2011), A theoretical study of the impact of using small scale thermo chemical storage units in district heating networks, Proceedings of the International Sustainable Energy Conference 2011, Belfast, Ireland, February, 2011
- Basciotti, D.; Judex, F.; Pol, O.; Schmidt, R.R.: Sensible heat storage in district heating networks: a novel control strategy using the network as storage, 6th International Renewable Energy Storage Conference and Exhibition (IRES 2011), bcc Berlin Congress Center, 28.-30. November 2011
- Ebner, A.: "Modellierung und Simulation von sensiblen Kurzzeitwärmespeichern zur Reduktion von Spitzenlasten"; Masterarbeit, Betreuer/in(nen): R. Schmidt, A. Giovannini; Management Center Innsbruck, 2011; Abschlussprüfung: 08/2011.
- HEINZ A., SCHRANZHOFER H. (2010): Thermal Energy Storage with Phase Change Materials in Solar Combisystems – A Promising Solution?; EUROSUN Conference 2010, 28th Sept. – 1st Oct. 2010, Graz, Austria
- HEINZ A., SCHRANZHOFER H. (2011): Einsatz von Phasenwechselmaterialien zur Wärmespeicherung in solaren Kombisystemen; 21. Symposium Thermische Solarenergie, 11.-13. Mai 2011, Kloster Banz, D-96231 Staffelstein, Hrsg.: Otti- Technologie-Kolleg, Wernerwerkstr. 4, D-93049 Regensburg
- Schmidt, R.R.; Basciotti, D.; Pol, O., Page, J.: Smart thermal networks for smart cities – Introduction of concepts and measures, 2nd European Energy Conference, 17-20 April 2012, Maastricht, NL

- Streicher, W. , Heinz, A., Schranzhofer, H. (2010), Einsatz von Latentspeichern in Heizungs- und Solaranlagen, e-nova, Internationaler Kongress 2010 der Fachhochschulstudiengänge Burgenland, Pinkafeld , 11.-12. 11. 2010, Seite 113-120
- Van Helden et al. (2013): Results of 4 years R&D in the IEA Task4224 on Compact Thermal Energy Storage: Materials Development for System Integration; 23. Symposium Thermische Solarenergie, 24.-26. April 2013, Kloster Banz, D-96231 Staffelstein, Hrsg.: Otti- Technologie-Kolleg, Wernerwerkstr. 4, D-93049 Regensburg
- Zettl, B., van Helden, W., Jähmig, D., Heinz, A., Monsberger, M., Steinmaurer, G.: Austrian Masterplan-Thermal Energy Storage, Eurosun 2010, Graz
- Zettl, B., van Helden, W., Ohnewein, Ph., Heinz, A., Monsberger, M., Steinmaurer, G.: Austrian Masterplan Thermische Energiespeicherung, 21. Symposium Thermische Solarenergie, Bad Staffelstein
- Zettl, B., Steinmaurer, G., Jähmig, D., Weiss, W., Heinz, A., Monsberger, M., van Helden, W., Austrian Masterplan Thermal Energy Storage, Posterbeitrag Symposium: World Sustainable Energy Days, März 2011, Wels

Workshops

- Pol, O., Vorstellung des Projekts im Rahmen des Science Brunch der FFG am 28.9.2011 zum Thema „Energie aus Erde, Luft, Wasser: Wärmepumpen und Geothermie“
- Streicher, W., Vorstellung des Tasks am IEA Vernetzungstreffen in Wien am 9. März 2011 durch UIBK
- Workshop: Innovative Energiespeicher- Zukünftige Anwendungen und Roadmapping, 5. Oktober 2011, Wien
- Workshop: Technologie Roundtable - Thermische Speicher, 06.11.2012 bei AEE INTEC, Gleisdorf. Bei diesem Meeting nahmen 20 Experten und interessierte Unternehmensvertreter teil. Ziel dieses Roundtables war es, die Schlüsselpersonen im Bereich thermischer Speicher zu vernetzen und gemeinsam mit Unternehmen über konkrete Kooperationsmöglichkeiten und Forschungsprojekte zu diskutieren. AEE INTEC war vertreten durch Waldemar Wagner und Werner Weiß; TU Graz, IWT war vertreten durch Hermann Schranzhofer.

Eingereichte Veröffentlichungen

Zusätzlich wurden zwei Beiträge bei der SHC 2013 Conference im September 2013 in Freiburg eingereicht.

- “On the road to large-scale seasonal solid sorption heat stores”, G. Mauthner, D. Jähmig, W. Wagner, F. Bertsch, H. Kerskes, J. Jänchen
- Comparison of the thermal performance of a solar heating system with open and closed solid sorption storage”, F. Bertsch, D. Jähmig, S. Asenbeck, H. Kerskes, H. Drück, W. Wagner, W. Weiss

7.3 Abbildungsverzeichnis

Abb. 1 Aufbau der untersuchten Betondecke und Darstellung des Ein- und Ausschaltmechanismus für eine Hysterese von 1°C für Heizen und Kühlen.	17
Abb. 2: Temperaturhäufigkeitsverteilung und Heizenergiebedarf für unterschiedliche Hysterese am Standort Bozen, Doppelbüro, TVL = 15/30°C, Jahresbetrachtung	17
Abb. 3 Systemkonzept eines geschlossenen Sorptionsspeichersystems	23
Abb. 4: Simulationsergebnisse für Zeolith 13XBF mit Vakuumröhrenkollektoren (links) und Hochvakuum - Flachkollektoren (rechts) im Vergleich mit Wasserspeichern gleichen Volumens	24
Abb. 5: Materialmenge des noch feuchten Materials für ein OFFENES System (rote Kurve, linke Achse) im Vergleich mit dem Wassergehalt des Sorptionsspeichers im GESCHLOSSENEN System (blaue Kurve, rechte Achse)	25
Abb. 6: Solarer Deckungsgrad $f_{sav,therm}$ abhängig von Kollektorfläche und Speichervolumen für Wasser-Speicher (links) und Wasser&PCM-Speicher (rechts)	19
Abb. 7 : Vergleich der Temperatur-Enthalpie Kurve gemessen mit T-History und DSC für Natrium Acetat Trihydrat mit unterschiedlichem Wassergehalt (42%, 44% und 46 %)	20
Abb. 8: Explosionszeichnung des Aufbaus für die Integration eines Peltier Elements (links) und ein Foto des Prototyps (rechts)	20
Abb. 9 : Bewertung von Schlüsselindikatoren in Bezug auf die Variation der Kühllast	26
Abb. 10: Bewertung von Schlüsselindikatoren in Bezug auf die Positionierung	26
Abb. 11: Bewertung von Schlüsselindikatoren in Bezug auf die Startzeit der Desorptionsphase	26
Abb. 12: Bewertung von Schlüsselindikatoren in Bezug auf die Dauer der Desorptionsphase	26

8 Anhänge

Anhang 1 Task Highlights Flyer 2012

Anhang 2 Workshop “Innovative Wärmespeicher” 5. Oktober 2011

Anhang 3 Task Participants

Anhang 1 Task Highlights Flyer 2012



2012 HIGHLIGHTS

SHC Task 42 Thermal Energy Storage: Material Development for System Integration

THE ISSUE

To reach high solar fractions, it is necessary to store heat or cold efficiently for longer periods of time. At this time, there are no cost-effective compact storage technologies available. For high solar fraction systems, hot water stores are expensive and require very large volumes of space. Alternative storage technologies, such as phase change materials (PCMs), sorption materials and thermochemical materials (TCMs) are only available at the laboratory scale, and more R&D is needed before they are available commercially.

OUR WORK

The objective of this joint Task with the IEA Energy Conservation through Energy Storage Programme is to develop advanced materials for compact storage systems, suitable not only for solar thermal systems, but also for other renewable heating and cooling applications such as solar cooling, micro-cogeneration, biomass, or heat pumps. The Task covers phase change materials (PCMs), thermochemical materials (TCMs), and composite materials and nanostructures. It includes activities on material development, analysis, and engineering, numerical modelling of materials and systems, development of storage components and systems, and development of standards and test methods.

The main added value of this Task is to combine the knowledge of experts from materials science with that of experts in solar/renewable heating and energy conservation.

This is a joint effort with the IEA Energy Conservation through Energy Storage Annex 24.

Task Date 2009-2013
Task Leaders Wim van Helden of Renewable Heat, The Netherlands and Andreas Hauer of Centre for Applied Energy Research ZAE Bayern, Germany
Email wim@wimvanhelden.com; hauer@muc.zae-bayern.de
Website <http://task42.iea-shc.org/>

PARTICIPATING COUNTRIES

Australia
Austria
Belgium
Denmark
France
Germany
Italy
Japan
Netherlands
New Zealand
Slovenia
Spain
Sweden
Switzerland
Turkey
United Kingdom
United States

KEY RESULTS OF 2012

Material Development

The performance of new sorption materials was investigated through the collaboration between three German institutes, the Fraunhofer ISE, the ZAE Bayern and the Technical University of Wildau. Next to novel sorption materials, like Metal Organic Frameworks (MOFs), commercially available materials also were evaluated. A principal problem encountered in the case of the commercially available samples was the hydrothermal stability of these materials. Unfortunately, all the evaluated materials showed strong degradation within only 20 cycles.

In addition to the novel class of MOFs, in close collaboration with the KIC (National Institute of Chemistry, Ljubljana), a small-pore microporous aluminophosphate was evaluated for solar energy storage with promising results. Comparative measurements were performed on these materials and on two selected reference materials (zeolite 4 ABF and 13XBF). First results are promising, however, there are still differences between the various measurement apparatus and methods visible. The transformation of the data into a proper thermodynamic model, in this case according to Dubinin, shows a good correlation between thermogravimetric measurements, but a strong deviation compared to volumetric measurements (see Figure 1). Further investigations are necessary.

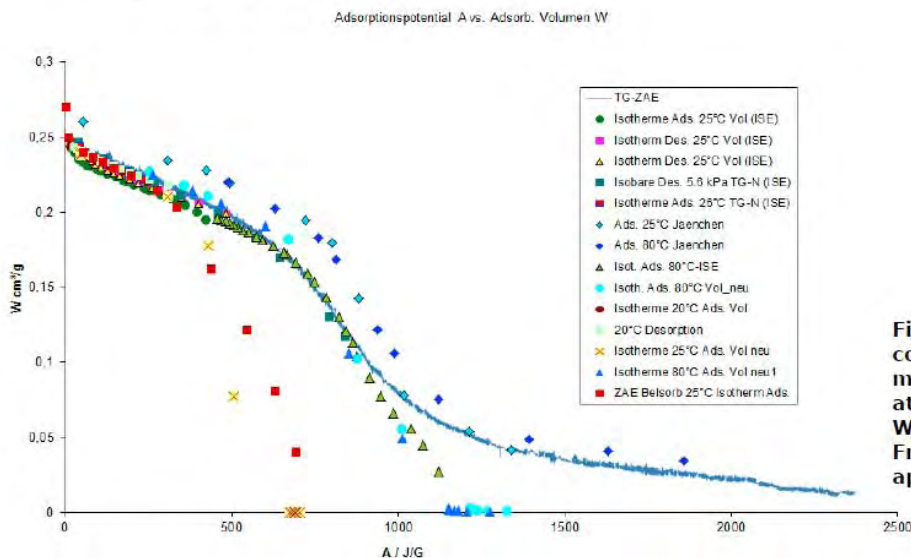


Figure 1. Overall comparison of measurements performed at different labs (TH Wildau, ZAE Bayern, ISE Freiburg) with different apparatus.

Prototype Reactors for TCM Storage

Several institutes have conducted work on new types of reactors for Thermochemical Energy Storage. The active volume of this generation of reactors is in the order of several tens of litres, making it possible to see the effects of using larger quantities of the active thermochemical storage material.

The Netherlands. TNO is working on finned heat exchanger geometry, with the sorption material attached to the surface of the fins. ECN is developing an open (atmospheric) sorption reactor, in which the sorption material forms a steady bulk.

Switzerland. EMPA has topped-up their one-stage liquid sorption reactor with a second stage. This enables the generation of higher temperatures from the thermal storage.

Austria. ASiC is working on a completely new reactor type for storage purposes that has the active material transported slowly through a rotating drum.



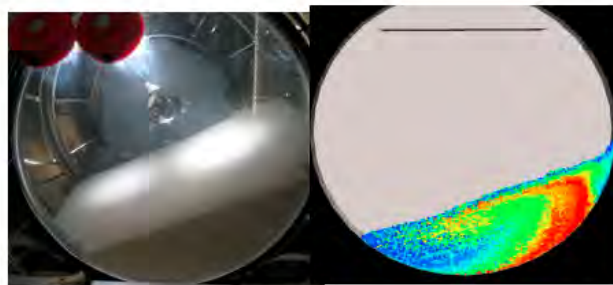
TNO's prototype sorption reactor with solid sorption material attached to the fins of the heat exchanger.



ECN's bulk type open sorption prototype reactor.



EMPA's liquid sorption reactor with two separate stages.



ASiC's slow rotating drum and a simulation image of grain movement in the drum.

These are only a few examples of the research and development work of the participating experts in the Task. In 2012, the group assembled the most important publications about Compact Thermal Energy Storage R&D and this wealth of information can be found on the Task website: <http://task42.iea-shc.org/publications>.

Anhang 2 Workshop “Innovative Wärmespeicher” 5. Oktober 2011

Forschungsprojekt: Austrian Masterplan Thermal Energy Storage



Informationen zum Workshop

Innovative Wärmespeicher

Zukünftige Anwendungen & Roadmapping

5. Oktober 2011, Hotel InterCity-Wien

Neue Wärmespeichertechnologien spielen in zukünftigen Szenarien der Haustechnik, der Prozesswärmenutzung, der mobilen Anwendungen und in Energienetzen eine zentrale Rolle. National und international wird intensiv an Systemkonzepten und Materialien für kompakte, verlustlose und ökonomische Speicheranwendungen geforscht.

Das Projekt: **Austrian Masterplan- Thermal Energy Storage** beschäftigt sich mit den theoretischen Möglichkeiten, organisatorischen Voraussetzungen, notwendigen Forschungsförderungen und Randbedingungen um eine optimale Entwicklung der zukünftigen Speichertechnologien zu ermöglichen.

Das **Ziel des Workshops** war es, gemeinsam mit Vertreterinnen und Vertretern aus Industrie und Forschung, die Bedingungen für die optimale Entwicklung innovativer thermischer Speicher zu erarbeiten:

- Unterschiedliche Branchen
- Temperaturniveaus für verschiedene Anwendungen
- Keine Einschränkung der Kapazitäts- und Leistungsbereiche
- Alle Speichertechnologien (Sensible, Phasenwechsel, Thermo-Chemische)

Im Zuge der Anmeldung zum Workshop wurden den Teilnehmern eine State-of-the-Art Darstellung der **vier Wärme-Speichertechnologien** (Sensible-, Phasenwechsel-, Adsorptions-, und Thermo-Chemische- Speicher) sowie ein Überblick über aktuelle Forschungsprojekte zur Verfügung gestellt.

Ablauf des Workshop:

Nach der Begrüßung und einleitenden Worten durch einen **Vertreter des Bundesministeriums** (Michael Paula, BMVIT, Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien) wurde zu Beginn der Veranstaltung in zwei Präsentationen die Bedeutung der Wärmespeicher im Allgemeinen und Österreichs Beitrag im speziellen, sowie das Projekt Masterplan vorgestellt:

- **Internationale Aktivitäten und Österreichs Beitrag zur Entwicklung innovativer Speicher**, Wim v. Helden, Renewable Heat, NL



Dieses Projekt wird aus Mitteln des Klima- und Energiefonds gefördert und im Rahmen des Programms „Neue Energien 2020“ durchgeführt.



- **Masterplan Austria: Thermal Energy Storage- Projektaktivitäten und Ergebnisse**, Bernhard Zettl, ASiC

Mit Impuls-Referaten zum Thema „**Anwendungsszenarien von Wärmespeichern in der Zukunft**“ stellten die Projektpartner zukünftige Märkte und Potenziale der Technologie und der internationale Stand der F&E Aktivitäten dar.

- **Smart Grids** - Ralph-Roman Schmidt, AIT
- **Gebäude** – Andreas Heinz, IWT, TU Graz
- **Prozesswärme** – Jürgen Fluch, AEE
- **Mobile Anwendung** - Bernhard Zettl, ASiC

Im Vorfeld des Workshops wurde mit Hilfe eines Experten für Unternehmensentwicklung ein System aus **Kennzahlen** entwickelt das die Beschreibung des Fortschrittes der Forschungsentwicklung für thermische Speicher ermöglichen soll. Dafür wurden einige repräsentative Schlüsselzahlen aus der Vielzahl von möglichen messbaren Größen selektiert. Die repräsentativen Kennzahlen stammen aus den Bereichen:

- Finanzbedarf für F&E
- Entwicklungsprozesse
- Beteiligte Akteure
- Lernprozesse

Die Vorgangsweise zur Kennzahlen und Roadmap- Entwicklung wurde als Überleitung zur Gruppenarbeit kurz präsentiert::

- **Kennzahlen zur Beschreibung der Speicherentwicklung-** Einführung in die Gruppenarbeit“, Stefan Vorbach, TU Graz

Technologiebeschreibung und dem Hintergrundwissen der Teilnehmer wurde in der Gruppenarbeit genutzt um **Entwicklungsschritte** in drei Zeithorizonte zu strukturieren und in weiterer Folge für jeden der Anwendungsbereiche eine **Roadmap** der technischen Entwicklung zu entwerfen.

Die Ergebnisse des Workshops fließen in das Strategiepapier **Masterplan- Thermische Speicherentwicklung in Österreich** ein und werden dem österreichischen Bundesministerium (BMVIT- Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien) für die Planung zukünftiger Forschungsausschreibungen zur Verfügung gestellt.





Das Projektteam:



v.l.n.r.

DI Dr. Gerald Steinmaurer (ASIC), DI Dr. Bernhard Zettl (ASIC), DI Dr. Michael Monsberger (AIT), DI Dr. Wim van Helden (Renewable Heat), DI(FH) Dr. Andreas Heinz (TU- Graz), DI Philip Ohnewein (AEE), Prof. Dr. Stefan Vorbach (TU-Graz)

Anhang 3 Task Participants

The status of participation in the Task as of May 2009 is presented in the table below.

Country	Organisation	Responsible	Funding status	I/	Person-month	
					Proje	Tas
AT	IWT/AEE/Arsenal	Wolfgang Streicher	funded	Sf	24	6
AT	ASIC	Bernhard Zettl	funding applied for			
AU	University of South Australia	Frank Bruno	funding applied for	Sf		
BE	VITO	Johan van Bael	funding applied for	EC		
CH	EMPA	Robert Weber	funded until 2010	Sf	12	2
CH	SPF	Elimar Frank	funding applied for	Sf		
DE	Univ. Erlangen	Jimmy Ofili	funding applied for	EC		
DE	Fraunhofer ISE	Peter Schossig	funded	EC		
DE	Fraunhofer UMSICHT	Clemens Pollerberg	no funding	EC		
DE	ITW Stuttgart	Henner Kerskes	funded	EC	100	6
DE	University of Kassel	Roland Heinzen	funded	EC	48	4
DE	University of Magdeburg	Franziska Scheffler	funding applied for			
DE	Univ. Luneburg	Oliver Opel	funding applied for	EC		
DE	Vaillant	Max Bankowski	funded	EC		
DE	ZAE Bayern	Andreas Hauer	funded	EC	24	12
DK	DTU	Simon Furbo	funded	Sf	15,6	
ES	Abengoa Solar	Cristina Prieto	funding applied for	Sf		
ES	CIEMAT	Rocio Bayon	funded	Sf	56	
ES	Inasmet	Patricio Aguirre	funding applied for	Sf		
ES	Tekniker	Miren Blanco	funded	Sf		
ES	University of Lleida	Lluisa Cabeza	funded	EC		
ES	University of Zaragoza	Ana Lázaro	funded	Sf	19,7	1,1
FI	VTT	Lisa Wikstrom	funding not sure	Sf		
FR	CSTB	Peter Riederer	funding applied for			
FR	EDF	Philippe Stevens	funded		48	8
FR	INES	Philippe Papillon	funded			
FR	Université de Bordeaux	Elena Palomo	funded			
FR	Université de Lyon	Frédéric Kuznik	funded			
FR	Université de Savoie	Lingai Luo	funded		40	2
NL	Capzo	Herman Reezigt	funding not sure	Sf		
NL	ECN	Martijn van Essen	funded	Sf	48	24
NL	Eindhoven Univ. of Technology	Camilo Rindt	funded	Sf	52	
SE	Ecostorage/KTH	Viktoria Martin	funded	EC	48	8
SI	National Institute of Chemistry	Venceslav Kaucic	funding applied for			
TR	Cukurova University	Halime Paksoy	funding applied for	EC		
UK	BASF	Kishor Mistry	funded		16	
UK	University of Loughborough	Philip Eames	funding applied for			
UK	University of Warwick	Chang-Ying Zhao	funded		100	
US	Oak Ridge National Laboratory	Jan Kosny	funded	Sf		
US	University of Minnesota	Jane Davidson	funded	Sf		
Total					651,1	73,1